



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS COMPOSTAS *BULK-FILL* FOTOPOLIMERIZÁVEIS COM DIFERENTES MONÓMEROS INICIADORES E VARIAÇÃO DE COR

Trabalho submetido por
Andreia Filipa Joaquim dos Santos
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2017



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS
COMPOSTAS *BULK-FILL* FOTOPOLIMERIZÁVEIS COM
DIFERENTES MONÓMEROS INICIADORES E VARIAÇÃO DE
COR**

Trabalho submetido por
Andreia Filipa Joaquim dos Santos
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Professora Doutora Ana Mano Azul

outubro de 2017

Dedicatória

À minha inspiração, ao meu herói, ao meu avô.

Agradecimentos

À minha orientadora por todo o conhecimento transmitido e por toda a ajuda à realização deste trabalho.

Ao professor Luís Proença por toda a disponibilidade.

À Direção Clínica e Corpo Docente por tornarem possível a minha formação académica em excelentes condições.

Aos meus pais por lutarem todos os dias para tornar este meu sonho uma realidade.

À minha avó por todo o carinho e dedicação ao longo da minha educação.

À minha tia e madrinha por toda a força.

Ao meu namorado por me mostrar, todos os dias, como é bom amar.

Resumo

Objetivo: Avaliar e comparar a profundidade de polimerização de resinas compostas *Bulk-Fill* em diferentes tempos de polimerização segundo dois critérios: a cor da resina composta e o monômero iniciador presente na sua constituição.

Materiais e Métodos: Foram confeccionados espécimes através da incorporação de uma porção das resinas compostas analisadas (Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* IVA e IVB, Ivoclar Vivadent e Filtek One *Bulk-Fill* A3 e B1, 3M) em moldes metálicos padronizados. Definiram-se 12 grupos de espécimes, distintivos no tempo de polimerização (10, 20 ou 40 segundos), cor (menor/maior valor) e fotoiniciador (lucirina/canforoquinona), n=10. Posteriormente, mediu-se a microdureza de *Vickers* no topo e na base de cada espécime através de 5 indentações. A profundidade de polimerização foi obtida através da razão entre a microdureza de *Vickers* de base e topo. Foi efetuada análise estatística e inferencial através do software SPSS pelo teste Anova Fatorial com um nível de significância de 95%.

Resultados: A profundidade de polimerização das resinas compostas estudadas tende a melhorar com o aumento do tempo de polimerização, sendo estatisticamente distintas quando polimerizadas durante 10 segundos. O tempo é o fator principal na obtenção de uma profundidade de polimerização adequada ($p \leq 0,001$ e η^2 parcial quadrado=0,771). Comparando as duas resinas compostas, a profundidade de polimerização obtida com um tempo de exposição à luz de 10 segundos é estatisticamente diferente, sendo superior na resina composta Tetric EvoCeram *Bulk-Fill*. No entanto, em ambas não atinge o valor mínimo de 80%. A cor, por outro lado, não parece ser um fator significativo na profundidade de polimerização de resinas compostas *bulk fill*.

Conclusões: O tempo é o fator crucial na obtenção de uma profundidade de polimerização adequada, ao passo que a cor parece não ter tanta relevância. A presença de diferentes fotoiniciadores pode justificar as diferenças encontradas entre as duas resinas compostas

Palavras Chave: Profundidade de polimerização; Tempo de polimerização; Fotoiniciador; Resinas compostas *Bulk Fill*

Abstract

Objectives: The aim of this study is to evaluate the depth of cure of bulk fill resin composite with different times of curing, according to the photoinitiator and the resin shade.

Materials and Methods: Samples were made incorporating a portion of the analyzed composite resins (Tetric EvoCeram Bulk-Fill IVA and IVB, Ivoclar Vivadent and Filtek One Bulk-Fill A3 and B1, 3M) in standardized metal molds. Twelve groups were defined through curing time (10, 20 or 40 seconds), shade (lowest/highest value) and photoinitiator (lucirin/camphorquinone), n=10. Subsequently, a microhardness of *Vickers* was measured at the top and bottom of each specimen through 5 indentations. The depth of cure was obtained by the ratio of a base and top *Vickers* microhardness. Statistics and inferential analysis was performed through SPSS software using Anova Fatorial test with a significance level of 95%.

Results: The depth of cure of the composite resins studied trends to improve with increasing polymerization time, being statistically different when polymerized for 10 seconds. Time is the main factor in obtaining a suitable depth of cure ($p \leq 0,001$ and square partial $\eta^2 = 0,771$). Comparing the two composite resins, depth of cure obtained with a 10 second light exposure time is statistically different, being higher in Tetric EvoCeram Bulk-Fill. However, in both cases, it does not reach the minimum value of 80%. Color, on the other hand, does not appear to be a significant factor in the depth of cure of bulk fill composites.

Conclusions: Time of curing is the crucial factor in obtaining a proper depth of cure, while shade does not seem to be as relevant. The presence of different photoinitiators may justify the differences found between the two composite resins.

Keywords: Depth of cure; Time of curing; Photoinitiators; Bulk fill composite resins

Índice

I – Introdução.....	15
II - Desenvolvimento	17
1 - Revisão histórica acerca das resinas compostas	17
2 - Composição das resinas compostas.....	18
2.1 – Matriz Orgânica.....	19
2.2 – Partículas de carga inorgânica.....	22
2.3 – Agente de ligação – Silano.....	22
3 - Classificação das resinas compostas	23
4 - Processo de polimerização.....	27
4.1 – Fotopolimerização	27
4.2 – Fotoiniciadores	28
4.3 – Grau de conversão e profundidade de polimerização	29
4.4 – Problemas associados à fotopolimerização	31
5 – Propriedades óticas das resinas compostas.....	32
5.1 – Cor e suas dimensões	32
5.2 – Escalas de cor	33
5.3 – Relação da cor e profundidade de polimerização.....	34
6 - Particularidades das resinas compostas “ <i>bulk-fill</i> ”	35
7 - Testes de avaliação da profundidade de polimerização.....	38
7.1 – Teste da raspagem	38
7.2 – Microdureza de <i>Vickers</i>	38
8 - Importância clínica do estudo	40
II - Objetivos do estudo	41
III - Hipóteses de trabalho	43
1 - Hipóteses Nulas (H_0).....	43
2 – Hipóteses Alternativas (H_1).....	43
IV - Materiais e métodos	45
1 - Caracterização do estudo	45
2 - Local do estudo	45
3 - Seleção da amostra	45
4 - Espécimes e amostras.....	45
5 - Materiais utilizados	47

6 - Características das resinas compostas usadas	47
6.1 – Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent, Ontário, Canadá)	47
6.2 – Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M, Neuss, Alemanha)	48
6.3 – Análise comparativa entre as resinas compostas utilizadas	49
7 – Metodologia	50
7.1 – Confeção dos espécimes	50
7.2 – Teste de Microdureza de <i>Vickers</i>	53
7.3 – Teste de variação da Microdureza de <i>Vickers</i> Topo/Base	54
8 - Análise estatística	54
V – Resultados	55
1 – Análise Estatística Descritiva	55
1.1 – Análise estatística descritiva da resina composta Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada)	56
1.2 – Análise estatística descritiva da resina composta Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M, Neuss, Alemanha)	57
1.3 – Avaliação descritiva da microdureza de <i>Vickers</i> de topo	59
1.4 – Avaliação descritiva da variação base/topo de microdureza de <i>Vickers</i>	60
2 – Análise Estatística Inferencial	61
2.1 – Avaliação inferencial da microdureza de <i>Vickers</i> de topo	61
2.1 – Avaliação inferencial da variação de microdureza de <i>Vickers</i> base/topo	62
2.3 – Avaliação da relevância estatística dos resultados através dos intervalos de confiança a 95%	64
VI – Discussão	67
VII – Conclusões	79
VIII - Bibliografia	81

Índice de Figuras

Figura 1 - Composição das resinas compostas através de microscopia eletrônica de varrimento (adaptado de Schneider et al., 2010)	19
Figura 2 - Molécula de Bis-GMA (adaptado de Schneider et al., 2010)	20
Figura 3 - Molécula de TEGDMA (adaptado de Schneider et al., 2010)	20
Figura 4 - Molécula de UDMA (adaptado de Schneider et al., 2010)	20
Figura 5 - Molécula de AUDMA (retirado de https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf)	21
Figura 6 - Molécula de AFM (retirado de https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf)	21
Figura 7 - Processo evolutivo das resinas compostas representativo da diminuição das dimensões das partículas de carga inorgânica (adaptado de J. L. Ferracane, 2011)	23
Figura 8 - Resina composta de partículas pequenas, fase inorgânica (adaptado de Anusavice et al., 2013)	24
Figura 9 - Resina composta nanoparticulada através de microscopia eletrônica de varrimento (adaptado de Moraes et al., 2009)	25
Figura 10 - Resina composta nanohíbrida através de microscopia eletrônica de varrimento (adaptado de Moraes et al., 2009)	26
Figura 11 - Estrutura química da canforoquinona (adaptado de JG Leprince et al., 2011)	28
Figura 12 - Estrutura química da lucirina (adaptado de JG Leprince et al., 2011)	29
Figura 13 - Escala Vita ordenada de acordo com o matiz (adaptado de Hilton et al., 2013)	34
Figura 14 - Escala Vita ordenada de acordo com o valor (adaptado de Hilton et al., 2013)	34
Figura 15 - Esquema representativo da técnica incremental (adaptado de Hirata et al., 2015)	36
Figura 16 - Esquema representativo da técnica <i>bulk-fill</i> sem recobrimento (adaptado de Hirata et al., 2015)	37
Figura 17 - Esquema representativo da técnica <i>bulk-fill</i> com recobrimento (adaptado de Hirata et al., 2015)	37

Figura 18 - Indentador de <i>Vickers</i> e indentação deixada na superfície do material (adaptado de Anusavice et al., 2013).....	39
Figura 19 - Resina Composta Tetric Evoceram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada).....	48
Figura 20 - Compósito Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M, Neuss, Alemanha)	49
Figura 21 - Molde metálico 4x4mm	50
Figura 22 - Esquema representativo da confecção dos espécimes antes da sua polimerização.....	51
Figura 23 - Esquema ilustrativo do processo de fotopolimerização dos espécimes.....	52
Figura 24 - Fotopolimerizador Elipar TM DeepCure-S LED (3M ESPE, St Paul, MN, USA).....	52
Figura 25 - Radiômetro Elipar TM DeepCure-S (3M ESPE, St Paul, MN, USA)	52
Figura 26 - Indentador “Vicker Hardness Tester” (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão)	53
Figura 27 – Indentação realizada num espécime correspondente à resina composta Tetric Evoceram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVB	53

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Propriedades das resinas compostas segundo a classificação de acordo com a fase inorgânica (adaptado de Anusavice et al., 2013)	26
Tabela 2 - Características das resinas compostas utilizadas no estudo segundo o fabricante (Disponível em https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf ; https://www.ivoclarvivadent.us/mam/celum/celum_assets/8937335947294_Tetric_EvoCeram_Bulk_Fill2_pdf_6001.pdf?3)	49
Tabela 3 - Descrição dos moldes utilizados na confecção dos espécimes segundo o teste de Microdureza de <i>Vickers</i> (Disponível em https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf ; https://www.ivoclarvivadent.us/mam/celum/celum_assets/8937335947294_Tetric_EvoCeram_Bulk_Fill2_pdf_6001.pdf?3)	50
Tabela 4 - Valores de microdureza de <i>Vickers</i> de topo referentes à resina composta Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalos de confiança a 95%	56
Tabela 5 - Valores de variação de microdureza de <i>Vickers</i> base/topo referentes à resina composta Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalos de confiança a 95%	57
Tabela 6 - Valores de microdureza de <i>Vickers</i> de topo referentes à resina composta Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M, Neuss, Alemanha) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalo de confiança a 95%	58
Tabela 7 - Valores de variação de microdureza de <i>Vickers</i> de base/topo referentes à resina composta Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M, Neuss, Alemanha) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalo de confiança a 95%	59
Tabela 8 - Valores de <i>p</i> obtidos na análise das médias de microdureza de <i>Vickers</i> de topo, diferenciando apenas os três fatores em estudo, independentemente dos seus subgrupos	62
Tabela 9 - Valores de <i>p</i> obtidos na análise das médias da variação de microdureza de <i>Vickers</i> base/topo, diferenciando apenas os três fatores em estudo, independentemente dos seus subgrupos	63

Tabela 10 - Valores de microdureza de <i>Vickers</i> de base referentes à resina composta Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalos de confiança a 95%	92
Tabela 11 - Valores de microdureza de <i>Vickers</i> de base referentes à resina composta Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M, Neuss, Alemanha) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalo de confiança a 95%	93

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Valores médios de microdureza de <i>Vickers</i> de topo (Kg/mm ²) de acordo com a cor da resina e o tempo de polimerização da amostra	60
Gráfico 2 - Profundidade de polimerização das resinas compostas Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent) e Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M) de diferentes cores de acordo com o tempo de polimerização da amostra, em percentagem	61
Gráfico 3 - Análise comparativa correspondente aos valores de microdureza de <i>Vickers</i> de topo dos intervalos de confiança a 95% das resinas compostas Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent) e Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M) de acordo com o tempo de polimerização e a cor da amostra	65
Gráfico 4 - Análise comparativa correspondente aos valores de variação de microdureza de <i>Vickers</i> base/topo dos intervalos de confiança a 95% das resinas compostas Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent) e Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M) de acordo com o tempo de polimerização.....	66
Gráfico 5 - Valores médios de microdureza de <i>Vickers</i> de base (Kg/mm ²) de acordo com a cor da resina e o tempo de polimerização da amostra	94

Lista de Abreviaturas

Å- Unidade de medida de comprimento, Ångström

AFM – Monómero de fragmentação adicional

AUDMA – Uretano dimetacrilato aromático

Ba-Al-Si – Bário, Alumínio e Silício

Bis-GMA – Bisfenol-A-diglicidil-dimetacrilato

Bis-EMA – 2,2-bis (4-(2-metacril-oxietoxi)fenil) propano

C – Carbono

DDDMA – 1, 12-dodecanediol dimetacrilato

EBPDMA – Bisfenol-A-dimetacrilato etoxilado

FOBF – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha)

IC 95% – Índice de confiança a 95%

LED – *Light emitting diode*

MD ± DP – Média ± Desvio Padrão

mW/cm² – Unidade de intensidade, miliWatts por centímetro quadrado

N – Unidade de medida de força, Newton

nm – Nanómetro

Seg – Segundos

SiO₂ – Óxido de silício

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

TEGDMA – Trietilenoglicoldimetacrilato

TEC – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada)

TPO – Óxido de trimetilbenzoil-difenilfosfina

UDMA – Uretano dimetacrilato

vol% - Volume percentual

vs –Versus

wt% - Peso percentual

μm – Micrómetro

% - Refere-se a um valor em percentagem

I – Introdução

As resinas compostas ou compósitos são materiais restauradores recentes que têm vindo a sofrer várias alterações ao longo dos anos, com vista a simplificar a sua utilização e a melhorar as suas propriedades mecânicas (Zorzin et al., 2015).

As características principais que distinguem este material são a adesão e o biomimetismo. Quanto à primeira, ela é conseguida através da utilização de um sistema adesivo que permite a união micromecânica e/ou química à hidroxiapatite dentária, ao passo que, a segunda é alcançada através da cor do material, ou seja, dos pigmentos presentes. Das várias dimensões da cor, o croma é definido como o grau de saturação da resina composta, sendo dependente da quantidade de pigmentos que a compõe (Mantri & Mantri, 2013).

É através da polimerização das resinas compostas que se conseguem as propriedades mecânicas que contribuirão para a estabilidade e durabilidade da restauração. No caso das resinas compostas fotopolimerizáveis, esta ocorre por produção de ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas do material resultante da incidência de luz. O fotoiniciador, molécula responsável pelo início deste processo, tem um papel fundamental (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

Existem, atualmente, duas técnicas que visam obter a máxima polimerização destes materiais: a técnica incremental, ainda “*gold standart*”, através de resinas compostas “*clássicas*” e a técnica “*bulk-fill*” através de resinas compostas “*modernas*”. Estas diferem principalmente na capacidade de profundidade de polimerização. A técnica incremental visa o preenchimento da preparação dentária através de camadas com um máximo de 2mm de profundidade, em detrimento da técnica “*bulk-fill*”, onde se utilizam camadas de resina composta com um máximo de 5mm de profundidade. Isto visa diminuir não só o tempo de execução da restauração mas também a possível contaminação bacteriana ou salivar entre camadas que tendem a reduzir substancialmente as propriedades mecânicas da restauração (Li, Pongprueksa, Van Meerbeek, & De Munck, 2015).

Alguns estudos experimentais têm sido realizados com o objetivo de avaliar o grau de polimerização das resinas compostas “*bulk-fill*” e a capacidade de manutenção das suas propriedades mecânicas (R. J.-Y. Kim, Kim, Choi, & Lee, 2015).

Este trabalho experimental visa correlacionar a profundidade de polimerização de resinas compostas “*bulk-fill*” fotopolimerizáveis com a sua cor e com o fotoiniciador presente, através da avaliação da microdureza de espécimes de resina composta. Esta propriedade será estimada através do método de microdureza de *Vickers* de topo e a variação base/topo.

II - Desenvolvimento

1 - Revisão histórica acerca das resinas compostas

A necessidade atual do biomimetismo como característica principal em dentisteria operatória e restauradora, reconhecida pelos pacientes, torna as resinas compostas o material restaurador mais utilizado hoje em dia (Tarle, Marović, & Pandurić, 2012).

Desde o aparecimento das resinas compostas na década de 50, a sua utilização em medicina dentária é bastante vasta, sendo úteis em procedimentos restauradores diretos e indiretos, em selantes, em confecção de núcleos em prótese fixa ou até como material para cimentação de brackets em ortodontia. Dada a sua versatilidade, é previsível a sua utilização crescente e cada vez mais frequente (J. L. Ferracane, 2011).

As resinas compostas são definidas como uma combinação tridimensional composta por dois materiais quimicamente distintos e com um terceiro a uni-los. Sendo assim, são constituídas por uma matriz polimérica fortemente enriquecida por ligações cruzadas e reforçada por partículas de carga inorgânica como vidro, sílica ou quartzo através de um agente de ligação, o silano (Anusavice et al., 2013; Guiraldo et al., 2009).

O desenvolvimento inicial deste material surgiu na década de 50 através de sistemas auto-condicionantes, cuja polimerização se desenrola por reações químicas despoletadas pela composição do próprio material. O aparecimento de sistemas fotoiniciadores na década de 70 traçou uma nova etapa na evolução histórica dos compósitos. Pois, tornou possível a produção de resinas compostas foto-polimerizáveis. Nestas, a polimerização é ativada através da luz ultra-violeta, posteriormente substituída por luz visível azul, reduzindo, com isso, o tempo de exposição e os danos teciduais associados à luz ultra-violeta (Anusavice et al., 2013; Mohammed & Ario, 2015a).

Por outro lado, na década de 90, o aparecimento dos sistemas adesivos revolucionou toda a tecnologia associada aos compósitos, permitindo o aumento da durabilidade da restauração (Mohammed & Ario, 2015a).

Um outro aspeto evolutivo destes materiais debruça-se na dimensão e distribuição das partículas de carga inorgânica. As primeiras resinas compostas, macroparticuladas, constituídas por partículas de carga inorgânica entre 1 e 50µm,

foram rapidamente substituídas por outras, visto esta dimensão dificultar o polimento da restauração e, com isso, aumentar o risco de acumulação de placa bacteriana e o risco de cárie secundária. Foi neste conceito que surgiram as resinas compostas microparticuladas que são facilmente polidas e apresentam uma adequada resistência ao desgaste pela incorporação de elevada concentração de partículas de carga inorgânica com dimensão de 40nm (Anusavice et al., 2013; Guiraldo et al., 2009).

Assim sendo, todo o processo evolutivo das resinas compostas utilizadas em medicina dentária ocorrido por modificações no componente orgânico e/ou inorgânico sempre enfatizou a necessidade de melhoria das suas propriedades físicas e mecânicas. Todo este desenvolvimento com o objetivo de reduzir a contração de polimerização e o *stress* a ela associada, tornando o procedimento restaurador mais fiável (J. L. Ferracane, 2011, 2013; Guiraldo et al., 2009).

2 - Composição das resinas compostas

Desde o seu aparecimento que as resinas compostas sofreram várias modificações com o objetivo de facilitar a sua utilização clínica e melhorar as suas características, proporcionando durabilidade e integridade da restauração (Anusavice et al., 2013).

Apesar deste processo evolutivo, a formulação básica mantém-se inalterada e composta por uma combinação de partículas de carga inorgânica dispersas numa matriz orgânica e unidas a esta através de um agente de ligação (Schneider, Cavalcante, & Silikas, 2010).

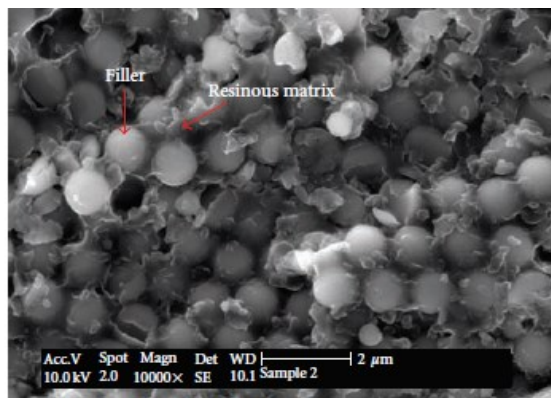


Figura 1 - Composição das resinas compostas através de microscopia eletrônica de varrimento (adaptado de Schneider et al., 2010)

2.1 – Matriz Orgânica

A matriz que constitui as resinas compostas é baseada, na sua maioria, em monómeros orgânicos (frequentemente moléculas de Bis-GMA, UDMA e TEGDMA), adicionados a esta no estado fluido e que se convertem em polímeros rígidos quando da polimerização do material (Manojlovic et al., 2016; Schneider et al., 2010).

Os monómeros dimetacrilatos estão habitualmente presentes na composição das resinas compostas onde, através de ligações cruzadas, formam uma rede polimérica que ao sofrer o processo de polimerização pela incidência de luz, produz um “efeito gel”, melhorando as suas propriedades mecânicas. Uma outra característica francamente positiva dos monómeros dimetacrilatos assenta na sua insolubilidade em água (Moszner, Fischer, Angermann, & Rheinberger, 2008).

Em medicina dentária, a matriz orgânica das resinas compostas é constituída pela molécula Bis-GMA, cuja estrutura parcialmente aromática e o seu elevado peso molecular (512g/mol), permite uma contração de polimerização associada relativamente baixa (Moszner, Fischer, Angermann, et al., 2008). Por outro lado, a presença de um rígido núcleo de bisfenol A com dois grupos hidroxil, afetam negativamente o grau de conversão de monómeros em polímeros e tornam o material com uma consistência demasiado viscosa (Schneider et al., 2010).

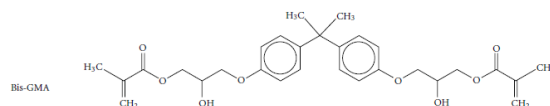


Figura 2 - Molécula de Bis-GMA (adaptado de Schneider et al., 2010)

De forma a ultrapassar o problema da consistência da matriz orgânica constituída por Bis-GMA, é adicionada uma molécula de elevada fluidez como agente diluente, o TEGDMA. Como vantagens, para além de facilitar a manipulação clínica do material, a sua elevada flexibilidade compensa a elevada rigidez do Bis-GMA e aumenta o grau de conversão do material. No entanto, aumenta a absorção de água e a sua contração de polimerização (Schneider et al., 2010).

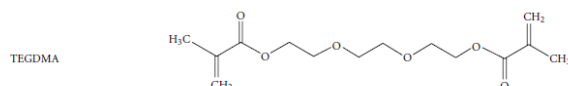


Figura 3 - Molécula de TEGDMA (adaptado de Schneider et al., 2010)

O análogo da molécula Bis-GMA mais utilizado é o UDMA, que exibe um grau de viscosidade inferior. A sua utilização pode substituir o Bis-GMA completa ou parcialmente, sendo que esta última é aconselhada, pois, devido ao seu baixo índice de refração, a profundidade de polimerização torna-se inferior em resinas compostas cuja composição é unicamente UDMA (Moszner, Fischer, Angermann, et al., 2008). Assim, a substituição parcial de Bis-GMA por UDMA promove o aumento do grau de conversão e da força de flexão, estabelecendo ligações intermoleculares mais fracas (Schneider et al., 2010).

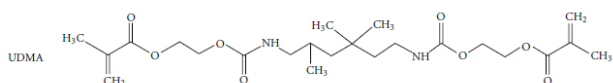


Figura 4 - Molécula de UDMA (adaptado de Schneider et al., 2010)

É ainda importante referir que existem outros monómeros metacrilatos alternativos incorporados na matriz orgânica dos compósitos, tais como as moléculas de

AUDMA e AFM, que surgem em combinação (M.-J. Kim, Kim, Ferracane, & Lee, 2017).

A primeira, AUDMA, caracteriza-se pela sua maior dimensão face aos restantes monómeros, o que tende a reduzir os efeitos de uma das maiores problemáticas associadas às resinas compostas, a contração de polimerização. A segunda, AFM, por um lado, forma ligações cruzadas entre cadeias adjacentes e por outro, contém um grupo reativo que aquando do processo de fotopolimerização, é libertado, permitindo desta forma, uma diminuição do *stress* associado com manutenção das propriedades físicas do material (M.-J. Kim et al., 2017).

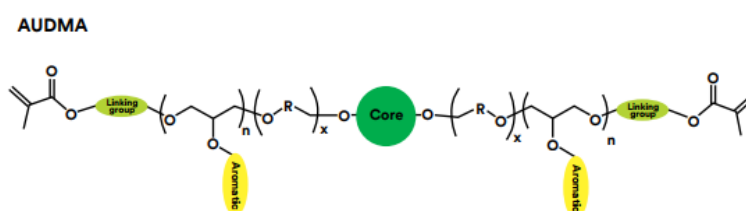


Figura 5 - Molécula de AUDMA (retirado de <https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filetek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf>)



Figura 6 - Molécula de AFM (retirado de <https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf>)

Outros constituintes adicionais da matriz orgânica das resinas compostas são: os fotoiniciadores; co-iniciadores inibidores da polimerização (que modulam a reação de polimerização); estabilizadores; pigmentos e ainda opacos (Anusavice et al., 2013; Azzopardi, Moharamzadeh, Wood, Martin, & van Noort, 2009; J. L. Ferracane, 2011).

Uma característica inerente aos monómeros orgânicos depreende-se com efeitos tóxicos por eles produzidos quando libertados na saliva pela sua incompleta polimerização. Estudos elaborados permitem concluir que as concentrações dos componentes libertados se encontram abaixo do limiar requerido para gerar efeitos citotóxicos, genotóxicos, embriotóxicos e/ou teratogénicos (Högg et al., 2016).

2.2 – Partículas de carga inorgânica

As partículas de carga inorgânica são adicionadas à matriz resinosa de modo a reforçá-la, aumentando as suas propriedades físicas e mecânicas e reduzindo a contração de polimerização e expansão térmica destes materiais (Anusavice et al., 2013; Tarle et al., 2012).

Nas resinas compostas utilizadas em medicina dentária são vários os tipos, formas, tamanhos, quantidades e distribuição das partículas inorgânicas. Estes fatores afetam as propriedades do material, nomeadamente ao reduzir a quantidade de monómero resinoso. Consequentemente há a redução da contração de polimerização e do desgaste do material, aumento da sua dureza, melhoria da sua estabilidade térmica, radiopacidade, resistência à fratura e módulo de elasticidade, entre outras (Ilie & Hickel, 2011; Schneider et al., 2010).

De modo a alcançar as vantagens administradas pela fase inorgânica, o seu conteúdo deve variar entre 60 a 87% (Mohammed & Ario, 2015a).

Os minerais adicionados à matriz orgânica são usualmente: o quartzo, a sílica, o zircónio, o estrôncio, o bário e o zinco. De salientar, o quartzo, que apresenta a vantagem de ser quimicamente inerte e suficientemente translúcido, característica essencial em restaurações estéticas. Por outro lado, pela sua elevada dureza, é difícil de polir e leva ao desgaste do dente e/ou restauração oponentes. Também importante, a sílica amorfa, apesar de não ser um material cristalino, não é abrasiva e permite o polimento (Anusavice et al., 2013).

2.3 – Agente de ligação – Silano

A incapacidade de existir uma união química entre a matriz orgânica e as partículas de carga inorgânica obriga à existência de um terceiro componente que as ligue. O agente de ligação mais utilizado é a molécula γ -MPTS pois aumenta a molhabilidade das partículas inorgânicas face à matriz resinosa. Logo, a copolimerização das duas fases, orgânica e inorgânica, permite a sua adesão ao silano e influencia fortemente a resistência e durabilidade da restauração (Schneider et al., 2010).

3 - Classificação das resinas compostas

As resinas compostas podem ser classificadas de acordo com as partículas de carga inorgânica e são as suas dimensões que ditam esta classificação (J. L. Ferracane, 2011).

Desde o seu aparecimento que estes materiais têm sofrido várias modificações com o objetivo de melhorar as suas características. O processo evolutivo, como ilustrado na figura 7, seguiu-se no sentido da diminuição do tamanho da fase inorgânica dos compósitos, contribuindo desta forma para a melhoria dos resultados estéticos e da capacidade de polimento (Anusavice et al., 2013).

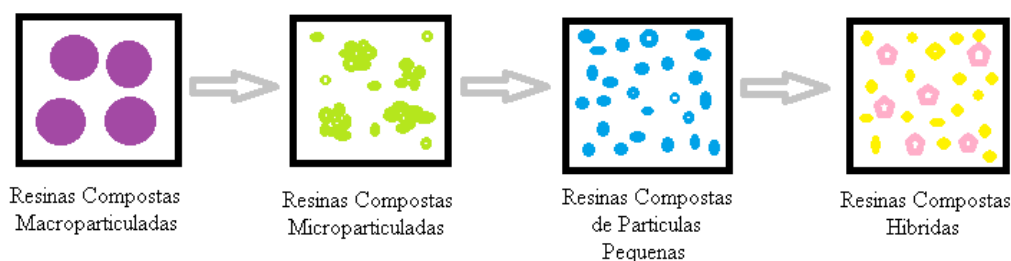


Figura 7 - Processo evolutivo das resinas compostas representativo da diminuição das dimensões das partículas de carga inorgânica (adaptado de J. L. Ferracane, 2011)

- Resinas Compostas Macroparticuladas

As resinas compostas macroparticuladas ou tradicionais são constituídas habitualmente por partículas de quartzo como fase inorgânica de dimensões superiores a 10 μ m, podendo estar presentes partículas com tamanho superior a 40 μ m (Schneider et al., 2010).

Clinicamente são materiais que não são utilizados devido aos seguintes fatores: diminuída resistência ao desgaste, propriedades de superfície inadequadas, capacidade de polimento e estética reduzidas (Mohammed & Ario, 2015a).

- Resinas Compostas Microparticuladas

As resinas compostas microparticuladas surgem na tentativa de solucionar os problemas levantados pelas anteriores. São constituídas por sílica coloidal com dimensões entre 0,01 a 0,05 μ m, perfazendo um aglomerado entre 5 e 50 μ m.

Clinicamente são materiais restauradores utilizados em localizações com baixas forças oclusais devido às suas reduzidas propriedades mecânicas (Anusavice et al., 2013).

Para além dessa característica, pela sua elevada viscosidade, são materiais difíceis de manipular e com alta contração de polimerização. Como vantagens face às resinas compostas macroparticuladas, são facilmente polidas e apresentam uma resistência ao desgaste aumentada (Mohammed & Ario, 2015a).

- Resinas Compostas de Partículas Pequenas

Estas resinas, ilustradas na figura 8, são compostas por partículas de carga inorgânica com diâmetro entre 0,1 e 10µm. Clinicamente são utilizadas no setor anterior pois apresentam um grau de polimento, dureza e resistência razoáveis. Contudo, têm a grande desvantagem de serem frágeis (Anusavice et al., 2013).

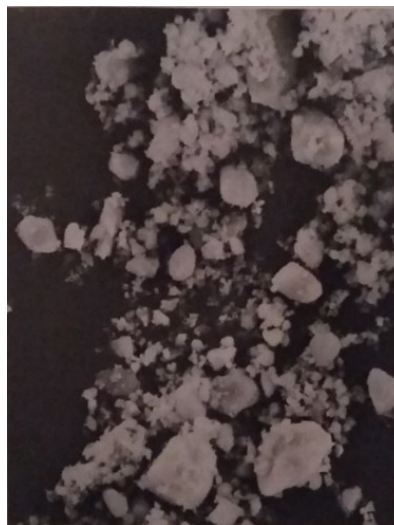


Figura 8 - Resina composta de partículas pequenas, fase inorgânica (adaptado de Anusavice et al., 2013)

- Resinas Compostas Híbridas

Constituídas por uma mistura de partículas de carga inorgânica de diferentes dimensões, entre 0,01 e 0,1µm e por outro lado, 0,1 a 10µm, surgem com o objetivo de se obter uma textura de superfície melhorada, mantendo as propriedades

mecânicas associadas à fase inorgânica de maior tamanho (Mohammed & Ario, 2015a).

Clinicamente estão indicadas para áreas de elevadas forças oclusais onde as características estéticas são importantes (Anusavice et al., 2013).

- Resinas Compostas Nanoparticuladas/Nanohíbridas

A nanotecnologia presente nestas resinas compostas enquadram-se no conceito atômico e molecular onde as partículas de carga inorgânica possuem dimensões até 100nm, podendo ter um tamanho único no caso dos compósitos nanoparticulados ou diferentes tamanhos no caso dos nanohíbridos (Anusavice et al., 2013; Moraes et al., 2009).

Clinicamente as resinas compostas nanoparticuladas oferecem excelentes propriedades óticas, estando indicadas para zonas estéticas sem contactos oclusais ao invés das nanohíbridas que, devido às suas propriedades mecânicas melhoradas, podem ser utilizadas em zonas de “*stress*” oclusal moderado (Anusavice et al., 2013).

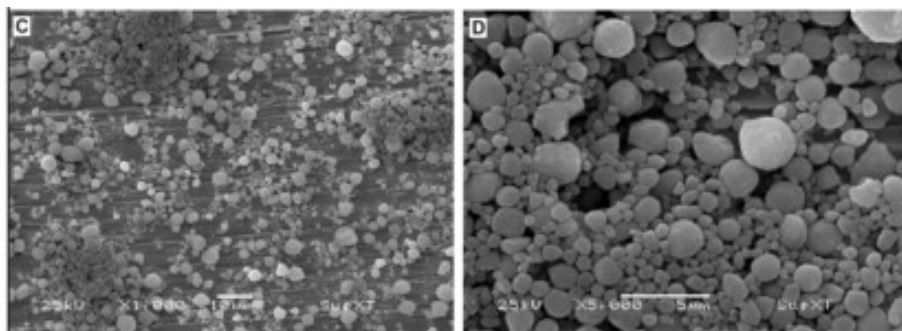


Figura 9 - Resina composta nanoparticulada através de microscopia eletrônica de varrimento (adaptado de Moraes et al., 2009)

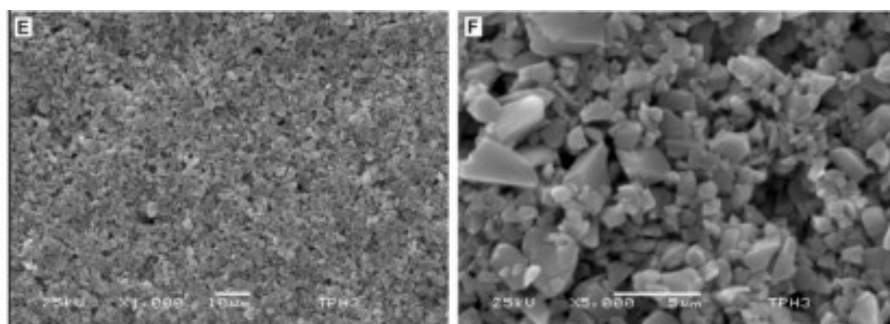


Figura 10 - Resina composta nanohíbrida através de microscopia eletrônica de varrimento (adaptado de Moraes et al., 2009)

A tabela 1 realça a comparação entre as diferentes classes de resinas compostas de acordo com as suas principais características.

Tabela 1 - Propriedades das resinas compostas segundo a classificação de acordo com a fase inorgânica (adaptado de Anusavice et al., 2013)

CARACTERÍSTICA	CLASSE DA RESINA COMPOSTA			
	Macroparticulada	Microparticulada	Partículas pequenas	Híbridas
Partículas de Carga (µm)	8-12	0,04-0,4	0,5-3	0,4-1,0
Partículas de Carga (vol%)	60-70	20-59	65-77	60-65
Dureza de Knoop	55	25-35	50-60	50-60
Contração de polimerização (vol%)	-	2-3	2-3	2-3
Expansão térmica	25-35	50-60	19-26	30-40
Uso clínico	Áreas de elevadas forças oclusais	Áreas de baixas forças oclusais (classes III e V)	Setor anterior	Áreas estéticas de elevadas forças oclusais (classe IV)

4 - Processo de polimerização

4.1 – Fotopolimerização

O processo de polimerização permite a formação de um polímero sólido e rígido constituído por inúmeras ligações cruzadas a partir da fase líquida ou viscosa das resinas compostas (Garcia, Yaman, Dennison, & Neiva, 2014; Mohammed & Ario, 2015a).

A reação de polimerização dos compósitos é resultante de três fases consecutivas: a iniciação, a propagação e a terminação (Mantri & Mantri, 2013).

O início deste acontecimento ocorre pela libertação de radicais livres. Em resinas compostas auto-polimerizáveis e de dupla polimerização, esta ação é ativada de forma química pela mistura de duas pastas, uma contendo o ativador e outra o iniciador. Em resinas compostas fotopolimerizáveis, dá-se pela exposição a energia externa como o calor ou a luz, que funciona como ativador, sobre uma pasta única que contém o iniciador (Anusavice et al., 2013).

Como vantagens dos compósitos fotopolimerizáveis destacam-se: a ausência de amina aromática como acelerador, o que promove o aumento da estabilidade da cor; a maior amplitude do tempo de trabalho, sendo este controlado pelo clínico; e por fim, a capacidade de permitirem técnicas de estratificação. Por outro lado, tem como desvantagem a dificuldade no acesso da fonte ativadora a áreas interproximais e posteriores, acarretando tempos de exposição mais prolongados (Anusavice et al., 2013).

A ativação de resinas compostas fotopolimerizáveis dá-se geralmente, através de luz que, sendo absorvida pelo fotoiniciador constante na sua composição, excita-o, o que provoca a libertação de radicais livres. Estes reagem com os monómeros oriundos da matriz orgânica, propagando a reação (Schneider et al., 2010). Da ativação consecutiva de diversos monómeros, resulta uma reação em cadeia que permite a formação de ligações covalentes entre os átomos de carbono presentes nessas moléculas, que irão substituir as ligações Van der Waals pré-existentes, dando origem a um polímero de cadeia longa (Anusavice et al., 2013; R. J.-Y. Kim et al., 2015; Marovic et al., 2013).

4.2 – Fotoiniciadores

Os fotoiniciadores são moléculas presentes na matriz orgânica dos compósitos, sensíveis à luz e que por si só ou interagindo com um co-iniciador que não apresenta essa característica, iniciam o processo de polimerização (Mohammed & Ario, 2015a).

Estas moléculas são fundamentais para alcançar uma polimerização adequada, assegurando as propriedades físicas e mecânicas do material restaurador (Ogunyinka, Palin, Shortall, & Marquis, 2007).

De entre os vários exemplos de fotoiniciadores, destacam-se a canforoquinona e a lucirina.

A canforoquinona, representada na figura 11, por associação a uma amina terciária, forma o sistema iniciador mais utilizado nos materiais dentários fotopolimerizáveis (De Oliveira et al., 2015). Com uma cor amarela intensa, apresenta um espectro de absorção amplo, entre os comprimentos de onda 300 a 520nm, cujo pico de absorção se encontra entre os 465 e 470nm, nomeadamente 468nm (Mohammed & Ario, 2015a).

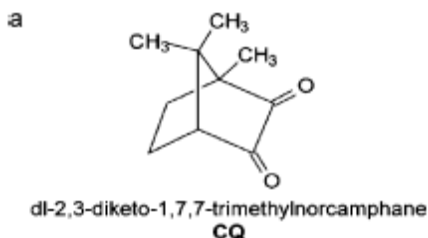


Figura 11 - Estrutura química da canforoquinona (adaptado de JG Leprince et al., 2011)

Como a canforoquinona tende a sofrer alterações de cor ao longo do tempo resultantes da oxidação do co-iniciador a ela associado e/ou pela incompleta polimerização do compósito, têm surgido alternativas que tentam ultrapassar o compromisso estético provocado pelo sistema iniciador canforoquinona e amina terciária (De Oliveira et al., 2015).

Os fotoiniciadores opcionais não requerem a presença de um co-iniciador e absorvem a luz a comprimentos de onda mais baixos, o que tende a melhorar as

propriedades óticas e mecânicas da restauração (Salgado, Borba, Cavalcante, Moraes, & Schneider, 2015b).

A lucirina ou TPO, revelada na figura 12, foi desenvolvida a partir deste conceito, com o objetivo de atingir estados de polimerização superiores, preservando a estabilidade da cor da restauração. Este fotoiniciador é ativado pela luz a comprimentos de onda entre 340 e 430nm, cujo pico de absorção é de 390nm (Mohammed & Ario, 2015a). A desvantagem a ela associada é essencialmente a incompatibilidade do seu espectro de absorção face às luzes LED “*monowave*”, o que obriga ao recurso a luzes alternativas, LED “*poliwave*” (Santini, Miletic, Swift, & Bradley, 2012).

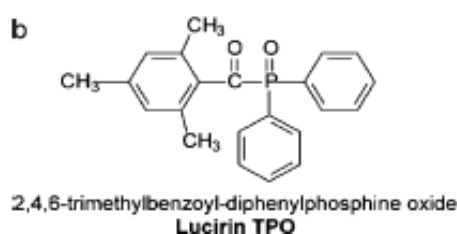


Figura 12 - Estrutura química da lucirina (adaptado de JG Leprince et al., 2011)

A efetividade da lucirina face à canforoquinona não é clara, visto a utilização em estudos experimentais de resinas compostas comerciais compostas por canforoquinona ou por ambos os fotoiniciadores em simultâneo. A ausência de compósitos contendo unicamente lucirina dificulta a sua avaliação (JG Leprince et al., 2011).

4.3 – Grau de conversão e profundidade de polimerização

O grau de conversão de um compósito relaciona-se com a extensão da reação de polimerização, ou seja, com a conversão de monómeros num polímero de cadeia longa. É, portanto, a percentagem de ligações covalentes duplas C=C convertidas em ligações covalentes simples C—C (Mohammed & Ario, 2015b).

A formação do polímero a partir dos diversos monómeros e o grau de conversão podem ser fortemente influenciados por diversos fatores (Abed, Sabry, & Alrobeigy, 2015; Alrahlah, Silikas, & Watts, 2014), tais como:

- Fatores referentes à exposição de luz

A fonte utilizada, o tempo de irradiação, as características do fotopolimerizador (aparelho a partir do qual a luz é irradiada) utilizado e o comprimento de onda por ele irradiado podem por si só afetar o parâmetro em questão (Abed et al., 2015; Alrahlah et al., 2014).

- Fatores relacionados com a composição da resina composta

Os constituintes da matriz orgânica, a quantidade e qualidade da fase inorgânica, a cor e translucidez do material e o tipo e quantidade de fotoiniciador presente são características que também determinam a extensão da polimerização (Alrahlah et al., 2014).

- Fatores associados com a técnica de manipulação da resina composta

Escolhendo a técnica incremental ou a técnica “*bulk-fill*” no preenchimento de uma preparação dentária e a forma como cada uma é efetuada influencia o critério analisado (Abed et al., 2015; Alrahlah et al., 2014).

O parâmetro grau de conversão é crucial na obtenção de biocompatibilidade e propriedades mecânicas adequadas, nomeadamente quanto à dureza de superfície de qualquer restauração realizada com recurso a resinas compostas (Alshali, Silikas, & Satterthwaite, 2013).

O objetivo aquando da reação de polimerização é induzir a formação de um grau de conversão o mais elevado possível, apesar de esta nunca ser completa, e assim sendo, o grau de conversão nunca iguala 100%. No entanto, consideram-se aceitáveis valores acima de 55% (Alshali et al., 2013; Mohammed & Ario, 2015b).

De modo a atingir estes montantes devem-se considerar as indicações do fabricante acerca da utilização e manipulação de uma dada resina composta, nomeadamente quanto à espessura das camadas de compósito. A capacidade de penetração da luz é limitada, o que se correlaciona com a profundidade de polimerização (Anusavice et al., 2013).

Esta define-se como “a profundidade ou espessura de uma resina composta fotopolimerizável que consegue ser convertida a partir de monómeros num polímero quando exposta a uma fonte luminosa em condições específicas” (Anusavice et al., 2013).

Ao longo da camada de resina composta, o grau de conversão tende a diminuir, visto existir a redução da penetrabilidade da luz. Esta depende essencialmente da opacidade e cor do material e da quantidade e distribuição das partículas de carga inorgânica que compõem o compósito (Anusavice et al., 2013).

Como tal, pode-se concluir que graus de conversão e profundidades de polimerização desapropriados prejudicam bastante as propriedades físicas e mecânicas da restauração bem como a sua longevidade (Abed et al., 2015). Em termos biológicos, podem potenciar reações alérgicas, perturbações de memória e de concentração, sonolência ou aumento da suscetibilidade a infeções (Högg et al., 2016).

4.4 – Problemas associados à fotopolimerização

A reação de polimerização é acompanhada por alterações tridimensionais da resina composta que levam à modificação da sua posição física face ao dente (J. L. Ferracane & Hilton, 2016).

Esta particularidade denomina-se contração de polimerização e ocorre por aproximação dos monómeros, ou seja, antes do início do processo de polimerização, a distância entre eles é cerca de 4\AA e aquando deste processo, é reduzida para $1,5\text{\AA}$, o que conduz a contração volumétrica. Esta pode tomar valores inferiores a 1% ou estender-se até 6%, dependendo da formulação do material e das condições em que a polimerização ocorreu (Mantri & Mantri, 2013; Schneider et al., 2010).

À custa da contração de polimerização é gerado um “*stress*” sobre as paredes dentárias, cuja amplitude se associa com: o tamanho e natureza dos monómeros, nomeadamente do seu peso molecular que, quando diminuído leva a uma maior acentuação desta desvantagem; com o rácio matriz orgânica/partículas de carga inorgânicas e ainda de condições externas (J. L. Ferracane & Hilton, 2016; Mantri & Mantri, 2013).

Como consequência da produção deste efeito, ocorrem deformações a nível dentário e restaurador.

Quanto ao dente, a transferência da energia gerada promove a deflexão cuspídea pela diminuição da distância intercuspídea, o que pode originar fraturas de esmalte e sensibilidade pós-operatória (Behery, El-Mowafy, El-Badrawy, Saleh, & Nabih, 2016).

Por outro lado, a contração de polimerização leva à separação do material restaurador da parede dentária, podendo surgir com isso, fissuras marginais e perda de retenção, o que potencia o risco de microinfiltração marginal e de cárie secundária (J. L. Ferracane & Hilton, 2016).

O fator de configuração, ou fator C, prevê a extensão da contração de polimerização, sendo definida como “o rácio entre a área das superfícies aderidas e a área das superfícies não aderidas da restauração” (R. J.-Y. Kim et al., 2015).

É de realçar a importância do volume de material na previsibilidade da contração de polimerização e não advogar o fator C como única fonte desta característica (J. L. Ferracane & Hilton, 2016), uma vez que usado isolado pode sobrestimar a extensão do fenómeno (Mantri & Mantri, 2013).

De modo a minimizar os efeitos da contração de polimerização, é aconselhada a redução da área de contacto entre as paredes da preparação dentária e do material restaurador, sobretudo através da técnica incremental (Zorzin et al., 2015). O recurso a resinas compostas “*flowable*” ou de baixa viscosidade e a modulação do processo de fotopolimerização são também alternativas viáveis (Jang, Park, & Hwang, 2015).

5 – Propriedades óticas das resinas compostas

5.1 – Cor e suas dimensões

A cor é definida como “uma sensação psicológica e física produzida por luz visível através do olho e interpretada pelo sistema nervoso central” (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

A característica tridimensional associada à cor está dependente das suas dimensões: o matiz, cor base do material e que permite a sua classificação em “famílias de cor”; o valor, caracterizado pelo brilho ou claridade e o croma, definido como o grau de saturação dessa mesma cor. É, portanto, a capacidade de um objeto refletir a luz que permite a sua visualização pelo olho humano e interpretação das suas dimensões (Hilton et al., 2013).

As resinas compostas apresentam propriedades óticas dependendo da sua composição, nomeadamente de acordo com os monómeros presentes na matriz orgânica, com as partículas de carga inorgânica e o sistema fotoiniciador que as compõem e que influenciam o seu índice de reflexão (Howard, Wilson, Newman, Pfeifer, & Stansbury, 2010; Lim, Lee, Lim, Rhee, & Yang, 2008).

É o conhecimento e a compreensão destas propriedades que possibilita o cumprimento do critério biomimetismo (Lim et al., 2008), tendo em consideração que a estabilidade da cor é fortemente influenciada pela composição do compósito, pelo acabamento e polimento da restauração e também pelo consumo de alimentos com elevada capacidade de pigmentação (Manojlovic et al., 2016).

5.2 – Escalas de cor

São as escalas de cor que permitem a comparação entre a coloração da resina composta e do dente, sendo a sua escolha mais adequada. De entre as várias escalas de cor existentes, destaca-se a escala Vita clássica, no qual a cor dos compósitos se encontra ordenada de acordo com as suas dimensões, designadamente divididas em quatro famílias, apresentadas na figura 13. Através do critério matiz: a família A que corresponde às cores vermelhas; a B pertencente às cores amarelas; a C referente às cores cinzentas e finalmente a D alusiva às cores vermelhas acinzentadas. O crescente número da resina composta dentro da escala e de igual matiz prevê o aumento da saturação (Hilton et al., 2013).



Figura 13 - Escala Vita ordenada de acordo com o matiz (adaptado de Hilton et al., 2013)

Esta escala pode ainda ser ordenada de acordo com a claridade do material da forma exibida pela figura 14.



Figura 14 - Escala Vita ordenada de acordo com o valor (adaptado de Hilton et al., 2013)

A escolha da cor mais adequada de um dado caso pressupõe a existência de uma iluminação apropriada, o posicionamento correto do paciente e do médico dentista face a ele e a colocação da escala de cores no mesmo plano que o dente, de modo a que a incidência de luz seja igual em ambos (Hilton et al., 2013).

5.3 – Relação da cor e profundidade de polimerização

As propriedades óticas do material não só procuram obedecer a critérios estéticos como também influenciam o processo de polimerização, particularmente a fase de iniciação (Howard et al., 2010).

É o grau de penetrabilidade da luz ao longo da resina composta que permite a sua polimerização, estando esta dependente de várias características:

- Fatores referentes à luz incidente

O comprimento de onda e a intensidade da luz irradiada pelo fotopolimerizador influenciam a polimerização do material (Howard et al., 2010).

- Fatores associados à resina composta

A capacidade de absorção de luz pelos componentes da formulação básica do compósito, principalmente pelas partículas de carga inorgânica quando apresentam metais pesados na sua composição, e ainda pelo sistema fotoiniciador, influenciado pela sua concentração e eficiência, são critérios que afetam o grau de polimerização das resinas compostas (Ilie & Stark, 2015; Thomé, Steagall Jr, Tachibana, Braga, & Turbino, 2007).

Assim sendo, a cor da resina composta tende a afetar o tempo de irradiação de luz, uma vez que cores de menor valor e portanto mais escuras apresentam, sob as mesmas condições, profundidades de polimerização inferiores em comparação com compósitos de maior valor, ou seja, mais claros. Como tal, deve-se procurar, de modo a obter estados de dureza adequados, fotopolimerizar resinas compostas de cores de menor valor por tempos mais prolongados e em incrementos de menor espessura (Moore, Platt, Borges, Chu, & Katsilieri, 2008; Thomé et al., 2007).

6 - Particularidades das resinas compostas “*bulk-fill*”

As resinas compostas ditas convencionais são utilizadas com recurso à técnica incremental de forma a atingir graus de conversão e profundidades de polimerização adequados (Papadogiannis, Tolidis, Gerasimou, Lakes, & Papadogiannis, 2015).

Esta, mostrada na figura 15, é considerada a técnica “*gold standart*” no preenchimento de preparações dentárias com compósitos. Utilizando incrementos horizontais ou oblíquos de 2mm de espessura reduzem-se as alterações dimensionais associadas à polimerização do material. Consequentemente, há a diminuição do fator de configuração, encurtando a possibilidade de formação de fissuras marginais e as suas

consequências, abordadas no tema 4.4 (Flury, Hayoz, Peutzfeldt, Hüsler, & Lussi, 2012; B. M. Fronza et al., 2015).

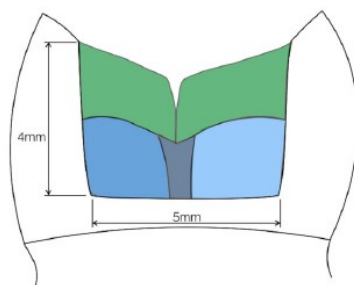


Figura 15 - Esquema representativo da técnica incremental (adaptado de Hirata et al., 2015)

Pelas desvantagens relacionadas com esta abordagem, como a incorporação de poros entre as camadas de resina composta, o elevado risco de contaminação e o tempo despendido, surgiu recentemente uma nova geração de compósitos que tenta ultrapassar estes problemas e facilitar a sua manipulação pelo clínico. Estas são as resinas compostas “*bulk-fill*” (Bayraktar, Ercan, Hamidi, & Çolak, 2016; Li et al., 2015).

Estes materiais têm um conceito revolucionário: profundidade de polimerização aumentada associada a uma contração de polimerização reduzida através do preenchimento da preparação dentária com camadas de compósito com uma espessura até 4 ou 5mm, tornando a técnica mais simples (Bayraktar et al., 2016).

Esta ideia foi desenvolvida pela evolução do sistema fotoiniciador através do aumento da sua translucidez (Benetti, Havndrup-Pedersen, Honoré, Pedersen, & Pallesen, 2015); por diminuição da dispersão de luz conseguida pela redução da quantidade de partículas de carga inorgânica ou pelo aumento do seu tamanho (R. J.-Y. Kim et al., 2015); e/ou ainda pela incorporação de novos monómeros na matriz orgânica como Bis-GMA sem o grupo hidroxilo, metacrilatos altamente ramificados e dimetacrilatos de uretano alifáticos. Assim, foi permitida uma capacidade de penetrabilidade da luz compatível com profundidades de polimerização aceitáveis (Garcia et al., 2014).

Os compósitos “*bulk-fill*” ideais devem apresentar elevados fatores de configuração, mantendo alterações dimensionais reduzidas e profundidades de polimerização aumentadas (Furness, Tadros, Looney, & Rueggeberg, 2014).

Na realidade, estes materiais tendem a apresentar um equilíbrio razoável entre as suas propriedades mecânicas e o tempo requerido na sua manipulação, sendo que em termos de resistência à fratura são em tudo semelhantes às resinas compostas ditas convencionais (Ilie & Stark, 2015; Papadogiannis et al., 2015).

Relativamente à sua classificação, de acordo com a consistência existem dois tipos distintos de resinas compostas “*bulk-fill*”: as regulares, ilustradas na figura 16, que podem ser colocadas diretamente sobre a preparação dentária após o sistema adesivo, sem necessidade de recobrimento e as fluidas ou “*flowable*”, representadas na figura 17, que, por não apresentarem viscosidade suficiente para restabelecer a anatomia dentária, torna-se essencial o seu recobrimento com um compósito de consistência regular. Ambas são opções válidas desde que utilizadas em situações apropriadas e pela técnica de escultura para o qual estão indicadas (Hirata et al., 2015).

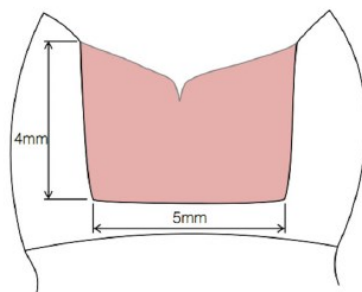


Figura 16 - Esquema representativo da técnica *bulk-fill* sem recobrimento (adaptado de Hirata et al., 2015)

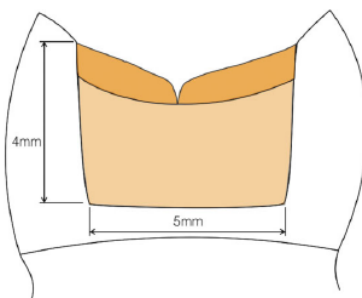


Figura 17 - Esquema representativo da técnica *bulk-fill* com recobrimento (adaptado de Hirata et al., 2015)

7 - Testes de avaliação da profundidade de polimerização

7.1 – Teste da raspagem

O teste da raspagem é utilizado como método de determinação da profundidade de polimerização de resinas compostas fotopolimerizáveis (Owens, Phebus, & Ragain, 2014).

A sua realização faz-se de acordo com a norma ISO 4049:2009, no qual após a confecção de moldes cilíndricos de resina composta segundo as indicações do fabricante, estes são submetidos à luz. Seguidamente a porção não polimerizada é removida possibilitando medições em altura da porção polimerizada (Standard, 2009).

É portanto um teste facilmente reproduzível e capaz de revelar diferenças entre resinas compostas, sendo por isso considerado favorável em testes “*in vitro*” (Owens et al., 2014). Contudo, este pode sobrestimar os valores de profundidade de polimerização (Flury et al., 2012).

7.2 – Microdureza de *Vickers*

A dureza de um material, apesar de ser um termo difícil de definir, está descrito como a resistência à indentação produzida perante a aplicação de uma força (Anusavice et al., 2013).

Esta é a característica mais importante na comparação entre diferentes compósitos e correlaciona-se com a resistência ao desgaste do material, sendo que quanto maior for a sua dureza de superfície, menor desgaste tende a sofrer (Abed et al., 2015).

De entre os vários testes de avaliação da dureza de materiais restauradores existentes, destacam-se: testes de Barcol, Brinnel, Rockwell Knoop e *Vickers*. As diferenças entre eles assentam em diversos fatores, tais como: o material indentador, a sua geometria e a força aplicada (Anusavice et al., 2013; Wang, D'Alpino, Lopes, & Pereira, 2003).

A análise da microdureza, através dos testes de *Vickers* e Knoop, é um método indireto de avaliação da profundidade de polimerização de resinas compostas pela

avaliação da resistência à deformação plástica por indentação ou penetração, o que influencia diretamente a longevidade do material restaurador (Condon & Ferracane, 1997; Luddin, Ibrahim, & Alam, 2014; Wang et al., 2003). No entanto, correlaciona-se melhor com o grau de conversão face à profundidade de polimerização (Abed et al., 2015).

Quanto à escolha de um dos testes de microdureza acima mencionados para a elaboração de uma investigação, deve-se ter em consideração a sua análise comparativa. Segundo Wang *et al* (2003), o teste de microdureza de *Vickers* tem o dobro da capacidade de penetração face a Knoop; no entanto, este é menos sensível às condições da superfície a indentar e apresenta maior capacidade na deteção de erros.

Assim sendo, o teste de *Vickers* está indicado em áreas pequenas arredondadas ou alongadas e o teste de Knoop em casos de materiais de quebra difícil e com secção fina (Wang et al., 2003).

A microdureza de *Vickers*, representada na figura 18, utiliza uma pirâmide de base quadrangular com um ângulo de 136° entre as faces para aplicação de uma força, geralmente inferior a 9,8N, da qual resulta uma indentação na superfície do material com profundidade inferior a $19\mu\text{m}$. É então medida a distância entre as diagonais e calculada a média (Anusavice et al., 2013).

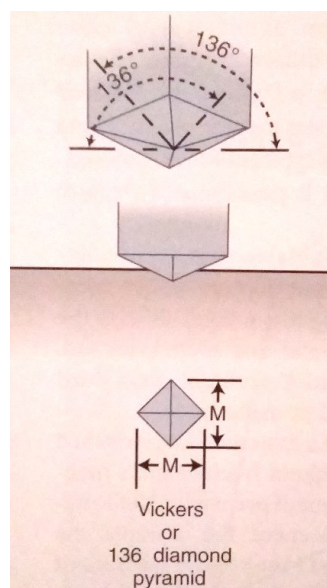


Figura 18 - Indentador de *Vickers* e indentação deixada na superfície do material (adaptado de Anusavice et al., 2013)

Tal como no teste da raspagem, deve-se ter em consideração que a medição da microdureza de *Vickers* pode sobrestimar o valor de profundidade de polimerização. No entanto, considera-se um teste que, em comparação com o teste de raspagem ISO 4049:2009, apresenta menor probabilidade de sobrestima do grau de conversão e com isso, da profundidade de polimerização. (Flury et al., 2012).

No presente estudo experimental, a escolha do teste de microdureza de *Vickers* está relacionada com o facto do material em estudo ser a resina composta (Wang et al., 2003).

8 - Importância clínica do estudo

A introdução de resinas compostas na prática clínica revolucionou a área de dentisteria restauradora pois estas têm a capacidade de substituir os tecidos dentários perdidos no que diz respeito à sua função e estética, mantendo-se relativamente estáveis no ambiente característico da cavidade oral (Cramer, Stansbury, & Bowman, 2011).

Ao longo dos anos, muitos estudos laboratoriais têm sido realizados com vista à evolução e melhoria destes materiais pela correlação das propriedades analisadas e a “*performance*” clínica (J. L. Ferracane, 2013).

Ferracane (2013) afirma que “apesar dos vastos esforços de tempo, energia e recursos económicos no estudo dos compósitos, em última análise, ainda não é possível identificar um nível preciso de propriedades ou características requeridas que sejam suficientes para garantir o sucesso clínico das novas formulações”.

Por este mesmo facto e apesar dos resultados de estudos experimentais, por si só, não possam ser extrapolados para o êxito clínico (J. L. Ferracane, 2013), é de elevada importância a sua realização, na medida em que continuam a ser um marco referente à avaliação das propriedades do material, o que permite o desenvolvimento de novas perspectivas (Cramer et al., 2011).

II - Objetivos do estudo

Avaliar e comparar a profundidade de polimerização de resinas compostas *Bulk-Fill* em diferentes tempos de polimerização (10, 20 e 40 segundos) segundo dois critérios:

- Cor da resina composta (valor mais baixo: IVB e B1 ou valor mais elevado; IVA e A3)
- Iniciador presente na sua constituição (canforoquinona ou canforoquinona e lucirina)

Para tal, estão traçados os seguintes pontos:

- Determinar a microdureza de *Vickers* da resina composta Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVA e IVB após 10, 20 e 40 segundos de polimerização com luz
- Determinar a microdureza de *Vickers* da resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cor A3 e B1 após 10, 20 e 40 segundos de polimerização com luz
- Determinar a variação da microdureza de *Vickers* topo/base (%) da resina composta Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVA e IVB
- Determinar a variação da microdureza de *Vickers* topo/base (%) da resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cor A3 e B1
- Comparar a profundidade de polimerização entre as resinas compostas Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha), contendo o fotoiniciador canforoquinona e Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá), cujo fotoiniciador presente é ivocerina, ou seja, lucirina e canforoquinona.
- Comparar a profundidade de polimerização entre as cores IVA/A3 e IVB/B1 de ambas as resinas compostas quando submetidas a igual tempo de polimerização através da luz

III - Hipóteses de trabalho

1 - Hipóteses Nulas (H_0)

1. Não existe diferença na profundidade de polimerização entre resinas compostas “*Bulk-Fill*” contendo canforoquinona ou canforoquinona e lucirina.
2. A profundidade de polimerização não se altera com os diferentes tempos de exposição à luz.
3. Não existe diferença entre a profundidade de polimerização de resinas “*Bulk-Fill*” de diferentes cores e expostas ao mesmo período de tempo de polimerização.

2 – Hipóteses Alternativas (H_1)

1. Existe diferença na profundidade de polimerização entre resinas compostas “*Bulk-Fill*” contendo canforoquinona ou canforoquinona e lucirina.
2. A profundidade de polimerização altera-se com os diferentes tempos de exposição à luz.
3. Existe diferença entre a profundidade de polimerização de resinas “*Bulk-Fill*” de diferentes cores e expostas ao mesmo período de tempo de polimerização.

IV - Materiais e métodos

1 - Caracterização do estudo

Este é um estudo experimental “*in vitro*” no qual se irá analisar e comparar duas resinas compostas “*bulk-fill*”, segundo cores e tempos de polimerização distintos, com o objetivo de esclarecer quanto à sua profundidade de polimerização. Os resultados foram obtidos a partir de espécimes confeccionadas segundo as instruções do fabricante e as normas ISO 4049:2009 que serão submetidas aos testes: Microdureza de *Vickers* e Variação da microdureza de *Vickers* na base e no topo.

2 - Local do estudo

Laboratório de Biomateriais do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz

3 - Seleção da amostra

A elaboração deste estudo pressupôs a avaliação de duas resinas compostas “*bulk fill*” fotopolimerizáveis de diferentes cores: Tetric Evo Ceram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) de cor IVA e IVB e Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) de cor A3 e B1.

A equivalência de escalas de cor é dada pela marca Ivoclar Vivadent, Ontário, Canadá, no qual a cor IVA corresponde a A2-A3 na Escala Vita e a cor IVB equivale a B1-B2 na Escala Vita.

4 - Espécimes e amostras

Foram confeccionadas 12 amostras constituídas por 10 espécimes cada (n=10) que foram divididas em dois grupos, submetidos ao teste laboratorial microdureza de *Vickers*. Cada amostra foi submetida ao teste laboratorial segundo o grupo em que se inseria, de acordo com as variáveis: tempo de polimerização, cor e fotoiniciador presente na resina composta.

Grupo A – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá)

Sub-Grupo 1A (TA₁₀) – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVA submetida a um tempo de polimerização igual a 10 segundos

Sub-Grupo 2A (TA₂₀) – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVA submetida a um tempo de polimerização igual a 20 segundos

Sub-Grupo 3A (TA₄₀) – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVA submetida a um tempo de polimerização igual a 40 segundos

Sub-Grupo 4A (TB₁₀) – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVB submetida a um tempo de polimerização igual a 10 segundos

Sub-Grupo 5A (TB₂₀) – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVB submetida a um tempo de polimerização igual a 20 segundos

Sub-Grupo 6A (TB₄₀) – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVA submetida a um tempo de polimerização igual a 40 segundos

Grupo B – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha)

Sub-Grupo 1B (FA₁₀) – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cor A3 submetida a um tempo de polimerização igual a 10 segundos

Sub-Grupo 2B (FA₂₀) – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cor A3 submetida a um tempo de polimerização igual a 20 segundos

Sub-Grupo 3B (FA₄₀) – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cor A3 submetida a um tempo de polimerização igual a 40 segundos

Sub-Grupo 4B (FB₁₀) – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cor B1 submetida a um tempo de polimerização igual a 10 segundos

Sub-Grupo 5B (FB₂₀) – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cor B1 submetida a um tempo de polimerização igual a 20 segundos

Sub-Grupo 6B (FB40) – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cor B1 submetida a um tempo de polimerização igual a 40 segundos

5 - Materiais utilizados

1. Resinas compostas “*Bulk Fill*” fotopolimerizáveis: Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontário, Canadá) cores IVA e IVB e Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) cores A3 e B1
2. Superfície vestibular de incisivo central superior (previamente seccionado)
3. Moldes pré-fabricados em aço inoxidável (4x4mm) e (4x5mm)
4. Placas de vidro
5. Espátula angulada (Asa Dental, Bozzano, Itália)
6. Espátula reta (Asa Dental, Bozzano, Itália)
7. Fotopolimerizador Elipar™ DeepCure-S LED (3M ESPE, St Paul, MN, USA)
8. Radiômetro Elipar™ DeepCure-S (3M ESPE, St Paul, MN, USA)
9. Microdurômetro digital *Vickers* HSV-30 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão)
10. Cartolina preta
11. Compressas
12. Álcool etílico 96%
13. Matriz de acetato

6 - Características das resinas compostas usadas

6.1 – Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontário, Canadá)

A resina composta Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontário, Canadá), representada na figura 19, é um compósito nanohíbrido do tipo “*bulk-fill*” de consistência regular que é fotopolimerizável em incrementos até 4mm a comprimentos de onda entre 400 e 500nm. Encontra-se disponível em três cores: IVA (equivalente a A2-A3 da escala Vita), IVB (correspondente a B1-B2 da escala Vita) e IVW (indicada em dentes com branqueamento) (Disponível em https://www.ivoclarvivadent.us/mam/celum/celum_assets/8937335947294_Tetric_EvoCeram_Bulk_Fill2_pdf_6001.pdf?3).

Como particularidade apresenta como sistema fotoiniciador o conjunto canforoquinona e lucirina. As suas indicações assentam principalmente em restaurações diretas posteriores (classes I, II e recobrimento de cúspides) e classes V (Disponível em https://www.ivoclarvivadent.us/mam/celum/celum_assets/8937335947294_Tetric_EvoCeram_Bulk_Fill2_pdf_6001.pdf?3).



Figura 19 - Resina Composta Tetric Evoceram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada)

6.2 – Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha)

O compósito Filtek One *Bulk Fill* (3M, Neuss, Alemanha), apresentada na figura 20, é um material fotopolimerizável nanoparticulado de consistência regular que apresenta propriedades óticas melhoradas face à sua anterior versão, Filtek *Bulk Fill* (3M, Neuss, Alemanha) e uma matriz orgânica constituída por AFM e AUDMA que, de acordo com o fabricante, garante uma contração de polimerização reduzida (Disponível em <https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf>).

O preenchimento de uma preparação dentária com este compósito é realizado com recurso a incrementos iguais ou inferiores a 5mm polimerizados por luzes de intensidade mínima 550mW/cm^2 . Como sistema fotoiniciador apresenta apenas canforoquinona (Disponível em <https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf>).

A sua utilização é apropriada em restaurações diretas de classes II e elevação de margens em dentes posteriores através de incrementos iguais ou inferiores a 5mm; restaurações diretas de classes I por incrementos até 4mm e restaurações diretas anteriores com altura de incrementos de, no máximo, 3mm (Disponível em <https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf>).



Figura 20 - Compósito Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha)

6.3 – Análise comparativa entre as resinas compostas utilizadas

A tabela 2 permite comparar as duas resinas compostas utilizadas neste estudo experimental, Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontário, Canadá) e Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha).

Tabela 2 - Características das resinas compostas utilizadas no estudo segundo o fabricante (Disponível em <https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf>; https://www.ivoclarvivadent.us/mam/celum/celum_assets/8937335947294_Tetric_EvoCeram_Bulk_Fill2_pdf_6001.pdf?3)

CARACTERÍSTICA	TETRIC EVOCERAM (Ivoclar Vivadent)	FILTEK ONE (3M ESPE)
Classificação de acordo com o tipo de partículas de carga inorgânica	Nanohíbrido	Nanoparticulado
Matriz Orgânica	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA	AFM, AUDMA, DDDMA
Partículas de carga inorgânica	Vidro Ba-Al-Si, pré-polímeros, óxido	Silica e Zircônia individualizados e agregados
Tamanho da porção inorgânica (µm)	40nm-3µm	4-100nm
Wt%/Vol% da porção inorgânica	79-81(17% pré-polímeros)/61	76,5/58,5
Incrementos (mm)	4	4
Tempo de polimerização (seg)	10 ($\geq 1000\text{mW/cm}^2$)	20 ($\geq 1000\text{mW/cm}^2$)
Cor, Lote, Validade	IVA, S45466, 2017-10; IVB, W10697, 2020-09	A3, N851527, 2019-11; B1, N873336, 2019-11

7 – Metodologia

7.1 – Confeção dos espécimes

As amostras foram confeccionadas segundo as normas ISO 4049:2009 (Standard, 2009) com recurso a moldes metálicos padronizados em aço inoxidável através da produção de espécimes com diâmetro de 4mm e altura análoga à profundidade de polimerização recomendada pelo fabricante (Figura 21).

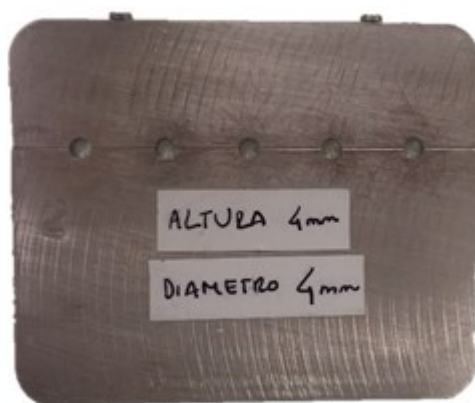


Figura 21 - Molde metálico 4x4mm

As características dos espécimes produzidos estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 - Descrição dos moldes utilizados na confeção dos espécimes segundo o teste de Microdureza de *Vickers* (Disponível em <https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf>; https://www.ivoclarvivadent.us/mam/celum/celum_assets/8937335947294_Tetric_EvoCeram_Bulk_Fill2_pdf_6001.pdf?3)

RESINA COMPOSTA	PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO RECOMENDADA PELO FABRICANTE (mm)	ALTURA DO MOLDE (mm)	DIÂMETRO DO MOLDE (mm)
Tetric Evoceram Bulk-Fill (Ivoclar Vivadent)	4	4	4
Filtek One Bulk-Fill (3M)	4	4	4

A confecção dos espécimes foi realizada através da inserção da resina composta nos moldes metálicos num único incremento, preenchendo toda a sua altura. Para tal, foi necessário o auxílio de espátulas retas e anguladas, segundo o processo exibido na figura 22.

Por baixo dos moldes metálicos foi colocada uma cartolina preta, de forma a evitar a reflexão da luz provocada pela cor branca da bancada; a superfície vestibular de um incisivo central superior, mimetizando a reflexão de luz existente na cavidade oral (Lopes, Catalão, Barragán, Portugal, & Arantes-Oliveira, 2013); uma placa de vidro e uma folha de acetato. Estas duas últimas permitiram a obtenção de uma superfície lisa e polida, critério essencial à realização do teste de microdureza de *Vickers*.

No topo dos moldes metálicos contendo a resina composta foram colocadas novamente uma folha de acetato e uma placa de vidro com o objetivo acima descrito.

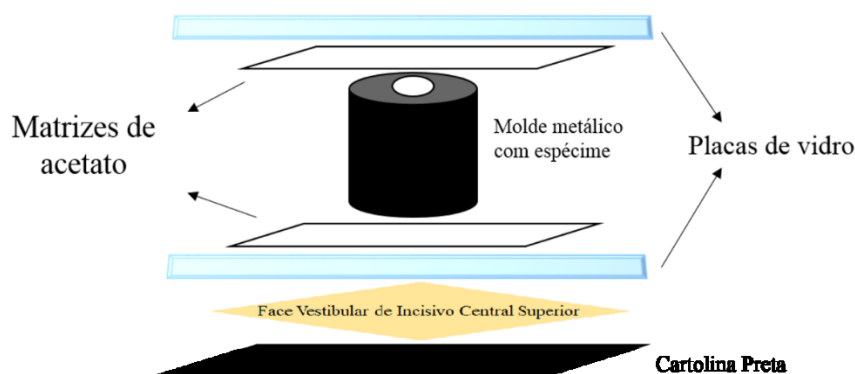


Figura 22 - Esquema representativo da confecção dos espécimes antes da sua polimerização

Após uma ligeira pressão sobre estas para evitar a formação de uma face irregular ou com poros, a placa de vidro foi removida.

Procedeu-se à fotopolimerização através de luzes LED de alta intensidade - Fotopolimerizador EliparTM DeepCure-S LED (3M ESPE, St Paul, MN, USA), com intensidade de 1470 mW/cm² -10%/+20% de acordo com comprimentos de onda entre os 400 e 515nm - cujo tempo de polimerização corresponde ao subgrupo onde o espécime se insere, ou seja, 10, 20 ou 40 segundos. O fotopolimerizador foi colocado perpendicularmente ao molde e apoiado sobre este, de modo a minimizar a possibilidade de movimento durante o processo, tal como representa a figura 23.

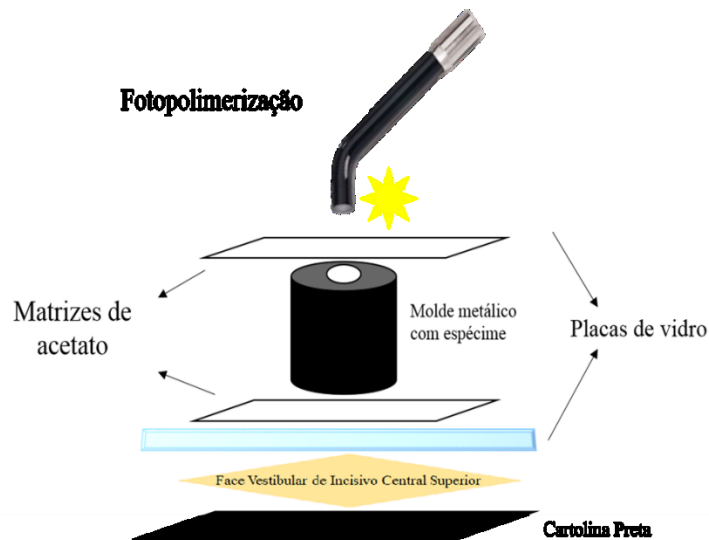


Figura 23 - Esquema ilustrativo do processo de fotopolimerização dos espécimes

A intensidade da luz irradiada pelo fotopolimerizador foi controlada criteriosamente com recurso ao Radiómetro EliparTM DeepCure-S (3M ESPE, St Paul, MN, USA) a cada cinco utilizações. Ambos os materiais são exibidos nas figuras abaixo, 24 e 25.



Figura 24 - Fotopolimerizador Elipar TM DeepCure-S LED (3M ESPE, St Paul, MN, USA)



Figura 25 - Radiómetro Elipar TM DeepCure-S (3M ESPE, St Paul, MN, USA)

7.2 – Teste de Microdureza de *Vickers*

Após a fotopolimerização dos espécimes de acordo com o sub-grupo em que se encontram (10, 20 ou 40 segundos), foi iniciado o teste de Microdureza de *Vickers*, colocando o espécime no Microdurómetro digital *Vickers* HSV-30 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão), um a um.



Figura 26 - Indentador “Vicker Hardness Tester” (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão)

No topo de cada espécime foram realizadas 5 indentações, uma central e as restantes em pontos cardeais igualmente espaçadas entre si (Marghalani, 2010) através da aplicação de uma força de 29,42N durante 5 segundos. As indentações realizadas nos pontos cardeais definidos foram executadas de modo a evitar a periferia do espécime e assemelham-se à indentação representada na figura 27.

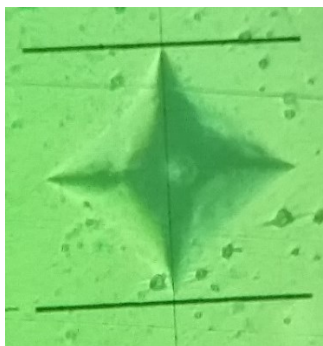


Figura 27 – Indentação realizada num espécime correspondente à resina composta Tetric Evoceram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) cor IVB

Os valores obtidos em cada indentação foram registrados, perfazendo um total de 600 indentações. Para cada espécime, calculou-se a média das 5 indentações e este foi o valor tomado como referência à microdureza de *Vickers*.

7.3 – Teste de variação da Microdureza de *Vickers* Topo/Base

Para este teste foram necessários os valores obtidos na indentação no topo de cada espécime e ainda realizadas 5 novas indentações na sua base.

A variação dos valores obtidos pelas indentações no topo e na base foi avaliada de forma percentual através do seu rácio, sendo 80% considerado o mínimo aceite como uma profundidade de polimerização adequada (Bouschlicher, Rueggeberg, & Wilson, 2004; J. Ferracane & Greener, 1986; Garcia et al., 2014; Moore et al., 2008).

8 - Análise estatística

A análise estatística do estudo experimental pressupõe, numa primeira fase, medidas de análise descritiva como frequências absolutas e relativas, médias e desvios-padrão. Isto permitiu a descrição e organização dos dados obtidos, facilitando a sua utilização na fase de estatística indutiva ou inferencial, onde se recorreram a testes de hipóteses.

A análise das três variáveis independentes: o fotoiniciador presente, a cor da resina e o tempo de polimerização foi realizada utilizando o *software* IBM SPSS *Statistics* versão 24 para Windows através de estatística inferencial pelo teste ANOVA Fatorial com um nível de confiança de 95%. Foi pré-estabelecido o nível de significância $p \leq 0,05$ como valor capaz de ditar a aceitação ou rejeição de cada hipótese nula.

A escolha deste teste deu-se com base na capacidade de estudo de três fatores distintos e da interação entre eles. É ainda relevante identificar a homogeneidade da amostra e a necessidade de uma distribuição normal das variáveis como pressupostos do teste ANOVA Fatorial recorrendo ao teste Shapiro-Wilk previamente à análise estatística dos espécimes.

V – Resultados

A amostra do presente estudo foi composta por 120 espécimes divididos em 6 grupos (n=10) referentes à resina composta Tetric EvoCeram *Bullk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontário, Canadá) e outros 6 pertencentes à Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha). Estes diferiram nos seguintes fatores de estudo: fotoiniciador presente na constituição da resina composta analisada; cor do material e/ou tempo de polimerização ao qual o espécime foi submetido.

Relativamente ao sistema fotoiniciador presente nos compósitos investigados, foi avaliada se a presença de lucirina, constituinte apenas da Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada), influencia a profundidade de polimerização.

Em relação à cor do material, comparou-se, em ambas as resinas compostas, uma cor de maior valor (IVB e B1) e uma outra de menor valor (IVA e A3).

Os tempos de exposição à luz testados foram, nos dois compósitos, 10, 20 e 40 segundos.

Após a confecção dos espécimes através de moldes metálicos padronizados foi medida a microdureza de *Vickers* no topo e na base, através do Microdurómetro digital *Vickers* HSV-30 (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão), e ainda analisada a sua variação.

1 – Análise Estatística Descritiva

As tabelas 4 a 7 apresentam os valores de microdureza de *Vickers* no topo e na base de cada espécime (kg/mm^2) e a sua variação (%), de acordo com a cor da resina e o tempo de polimerização de cada amostra.

Para possibilitar a realização da análise estatística inferencial através do teste Anova Fatorial com os pressupostos requeridos houve a necessidade de eliminar dois espécimes considerados *outliers*, ou seja, que se distanciavam da média da amostra e que por esse fator invalidavam a sua homogeneidade e distribuição normal. Estes foram: um espécime do sub-grupo TB₄₀ e um outro do sub-grupo FB₁₀.

1.1 – Análise estatística descritiva da resina composta Tetric EvoCeram Bulk-Fill (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada)

As tabelas 4 e 5 representam, respetivamente, os valores médios de microdureza de *Vickers* de topo e variação base/topo da resina composta Tetric EvoCeram Bulk-Fill (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada).

Pela sua análise, no caso da cor IVA, ocorreu um aumento dos valores de microdureza de *Vickers* topo e base com o tempo, refletindo-se assim no aumento de valores de variação de microdureza de *Vickers* base/topo. No caso da cor IVB, os valores máximos de microdureza de *Vickers* do topo e da base são referentes a 20 segundos de tempo de polimerização, não aumentando linearmente com o aumento de tempo de exposição à luz.

Tabela 4 - Valores de microdureza de *Vickers* de topo referentes à resina composta Tetric EvoCeram Bulk-Fill (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respetivas médias e intervalos de confiança a 95%

RESINA	Tetric EvoCeram Bulk-Fill (Ivoclar Vivadent)					
COR	IVB			IVA		
Tempo de polimerização (seg)	10	20	40	10	20	40
Microdureza <i>Vickers</i> Topo (Kg/mm ²)	189,2	191,6	175,0	148,4	168,8	206,2
	193,2	175,2	207,4	190,8	204,2	168,6
	165,6	217,6	195,2	190,6	217,4	198,6
	204,4	199,2	179,4	214,8	196,4	202,2
	198,4	207,2	196,0	202,8	174,0	233,8
	165,2	193,4	166,6	182,6	189,6	237,0
	165,0	205,2	190,6	205,4	202,0	214,0
	195,8	215,0	189,2	189,8	176,4	197,4
	197,8	206,0	191,8	212,4	188,6	223,0
	153,2	208,2	-	175,4	216,4	199,6
MD ± DP (Kg/mm ²)	182,8 ± 18,4	201,9 ± 12,5	187,9 ± 12,3	191,3 ± 19,7	193,4 ± 17,0	208,0 ± 20,1
IC 95% (Kg/mm ²)	169,6-196,0	192,9-210,8	178,4-197,4	177,2-205,4	181,2-205,6	193,7-222,4
Espécimes (n)	10	10	9	10	10	10

Tabela 5 - Valores de variação de microdureza de *Vickers* base/topo referentes à resina composta Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalos de confiança a 95%

RESINA	Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent)					
COR	IVB			IVA		
Tempo de polimerização (seg)	10	20	40	10	20	40
Variação Microdureza <i>Vickers</i> Base / Topo (%)	70,61	80,48	95,77	76,01	86,97	85,65
	71,53	99,09	84,09	59,62	93,34	92,53
	77,78	68,01	86,07	73,77	81,78	85,20
	73,58	85,54	84,50	70,95	81,98	83,68
	70,67	88,42	88,16	62,62	84,94	91,79
	76,27	86,25	83,07	79,08	80,70	78,48
	74,18	77,00	94,12	58,52	81,78	84,49
	74,67	84,00	94,61	68,91	90,14	87,13
	77,35	88,74	97,71	70,34	84,94	75,78
	85,51	86,55	-	79,82	83,73	95,39
MD ± DP (%)	75,21 ± 4,44	84,41 ± 8,16	89,79 ± 5,73	69,96 ± 7,64	85,03 ± 4,08	86,01 ± 6,10
IC 95% (%)	72,04-78,39	78,57-90,24	85,39-94,19	64,50-75,43	82,11-87,95	81,65-90,38
Espécimes (n)	10	10	9	10	10	10

1.2 – Análise estatística descritiva da resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha)

As tabelas 6 e 7 representam, respetivamente, os valores médios de microdureza de *Vickers* de topo e variação base/topo, referentes à resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha).

Pela sua análise, é de notar o aumento de valores médios de microdureza de *Vickers*, refletindo-se assim no aumento de valores de variação de microdureza de *Vickers* topo/base, independentemente da cor. A exceção é a cor A3 no qual os valores de microdureza de *Vickers* no topo aquando do tempo de polimerização 10 segundos

ultrapassam os restantes tempos. Tal não se verifica na base da amostra ou na variação topo/base.

Tabela 6 - Valores de microdureza de *Vickers* de topo referentes à resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respetivas médias e intervalo de confiança a 95%

RESINA	Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M)					
COR	B1			A3		
Tempo de polimerização (seg)	10	20	40	10	20	40
Microdureza <i>Vickers</i> Topo (Kg/mm ²)	205,0	191,2	205,2	241,6	229,2	212,8
	-	212,0	259,8	259,8	222,0	238,8
	199,8	265,0	270,6	247,2	255,8	225,6
	202,0	248,2	227,4	235,8	225,2	225,6
	214,8	253,8	220,2	233,4	215,8	228,2
	189,8	196,2	221,6	270,6	230,6	227,6
	199,2	193,0	245,8	244,4	268,2	236,2
	195,6	217,6	295,6	228,2	203,4	252,6
	204,4	212,8	266,8	252,4	209,8	223,2
	201,4	215,4	217,2	222,6	226,4	223,2
MD ± DP (Kg/mm ²)	201,3 ± 6,9	220,5 ± 26,3	243,0 ± 29,3	243,6 ± 14,6	228,6 ± 19,8	229,4 ± 10,8
IC 95% (Kg/mm ²)	196,1-206,6	201,7-239,3	222,1-263,9	233,1-254,1	214,5-242,8	221,6-237,1
Espécimes (n)	9	10	10	10	10	10

Tabela 7 - Valores de variação de microdureza de *Vickers* de base/topo referentes à resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalo de confiança a 95%

RESINA	Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M)					
COR	B1			A3		
Tempo de polimerização (seg)	10	20	40	10	20	40
Variação Microdureza <i>Vickers</i> Base / Topo (%)	73,56	89,33	96,39	61,18	83,42	93,42
	-	91,42	82,99	56,20	77,30	89,61
	56,66	87,55	89,87	65,05	75,37	90,16
	67,33	91,06	89,45	63,02	80,91	91,58
	63,78	78,41	99,64	56,81	95,55	95,53
	59,11	84,91	89,53	54,32	94,88	88,75
	62,15	90,26	87,88	57,53	80,69	89,42
	65,54	83,27	85,99	54,60	88,30	86,94
	64,58	86,00	93,70	57,53	88,75	97,13
	57,60	89,04	97,79	61,17	78,98	86,56
MD ± DP (%)	63,37 ± 5,29	87,13 ± 4,08	91,32 ± 5,38	58,74 ± 3,65	84,42 ± 7,12	90,91 ± 3,51
IC 95% (%)	59,30-67,43	84,21-90,04	87,47-95,17	56,13-61,35	79,32-89,51	88,40-93,42
Espécimes (n)	9	10	10	10	10	10

1.3 – Avaliação descritiva da microdureza de *Vickers* de topo

O gráfico 1 representa os valores médios de microdureza de *Vickers* de topo de cada resina composta utilizada, Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) e Filtek One *Bulk Fill* (3M, Neuss, Alemanha), nas cores de maior valor (IVB e B1, respetivamente) e de menor valor (IVA e A3, respetivamente), de acordo com o tempo de polimerização da amostra.

É relevante referir que os valores médios de microdureza de *Vickers* do compósito Filtek One *Bulk Fill* (3M, Neuss, Alemanha) foram, em ambas as cores e nos três tempos de polimerização, superiores aos valores médios referentes à resina composta Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá).

Com a exceção da cor A3 da resina Filtek One *Bulk Fill* (3M, Neuss, Alemanha), os restantes valores médios de microdureza de *Vickers* tendem a aumentar com um maior tempo de exposição à luz.

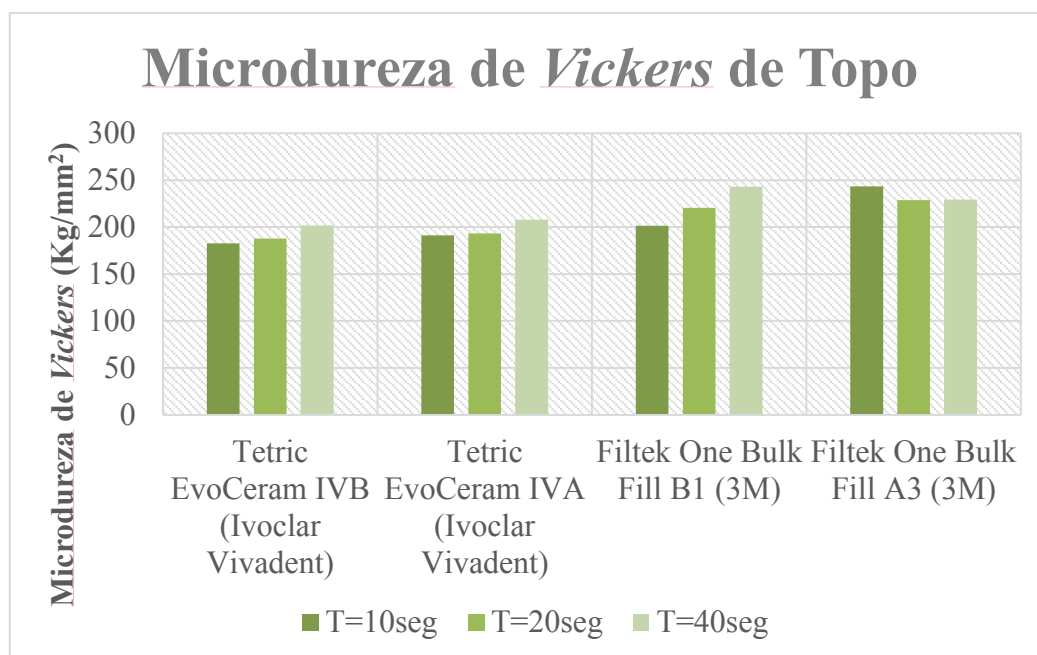


Gráfico 1 - Valores médios de microdureza de *Vickers* de topo (Kg/mm²) de acordo com a cor da resina e o tempo de polimerização da amostra

1.4 – Avaliação descritiva da variação base/topo de microdureza de *Vickers*

O gráfico 2 representa os valores médios de variação de microdureza de *Vickers* base/topo de cada resina composta utilizada, Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) e Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha), nas cores de maior valor (IVB e B1, respectivamente) e de menor valor (IVA e A3, respectivamente), de acordo com o tempo de polimerização da amostra.

Pela sua análise, compreende-se, em ambas as resinas estudadas, a tendência de melhoria da variável variação de microdureza de *Vickers* base/topo com o aumento do tempo de polimerização ao qual as amostras foram submetidas, independentemente da cor. Realça-se ainda a incapacidade de uma fotopolimerização de 10 segundos atingir valores de variação de microdureza de *Vickers* base/topo na ordem dos 80%, em ambos os compósitos e em ambas as cores.

A resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha na cor A3, de maior valor, fotopolimerizada durante 10 segundos apresenta o resultado mais baixo referente à variação de microdureza de *Vickers* base/topo ao passo que o mais elevado

pertence ao mesmo material mas na cor B1, de menor valor, fotopolimerizada ao longo de 40 segundos.

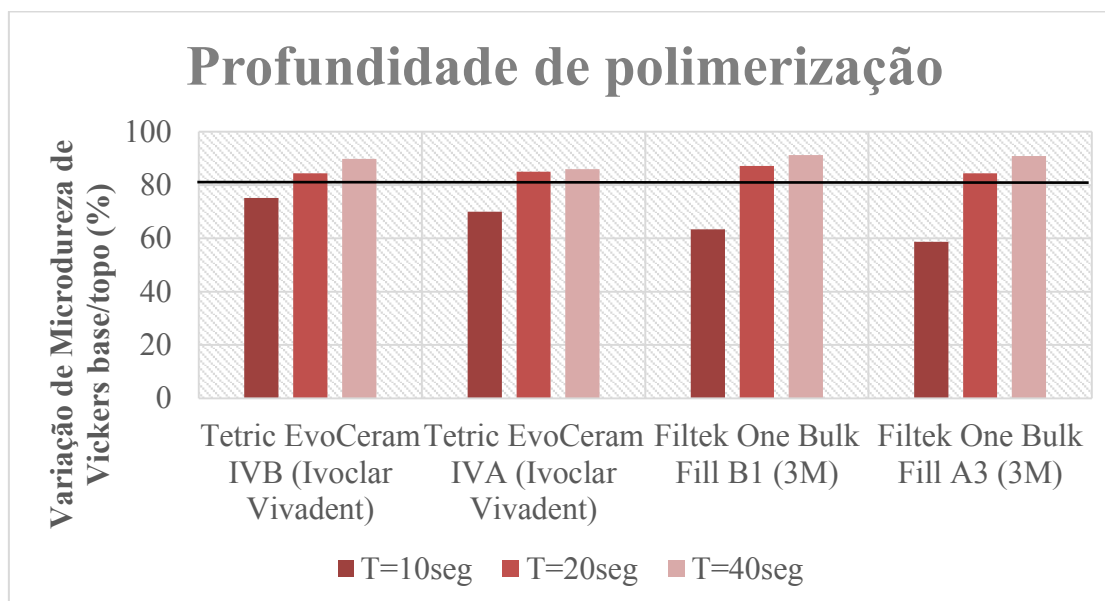


Gráfico 2 - Profundidade de polimerização das resinas compostas Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent) e Filtek One *Bulk-Fill* (3M) de diferentes cores de acordo com o tempo de polimerização da amostra, em percentagem

2 – Análise Estatística Inferencial

2.1 – Avaliação inferencial da microdureza de *Vickers* de topo

A tabela 8 representa o nível de significância atribuído aos valores das médias de microdureza de *Vickers* de topo, diferenciando os fatores analisados, mas não os diferentes sub-grupos.

Pela análise estatística através do teste ANOVA Fatorial com um nível de significância $p \leq 0,05$ e com base na tabela 8 observa-se a relevância dos três fatores em estudo (resina/fotoiniciador, cor e tempo de polimerização), sendo que as diferenças estatisticamente significativas estão sobretudo associadas às duas resinas compostas analisadas ($p \leq 0,001$ e eta parcial quadrado=0,478).

Estas diferenças parecem ter também relevo quando em interação com os diferentes tempos de polimerização e as diferentes cores, resina x cor x tempo ($p \leq 0,001$).

A cor, apesar de apresentar um nível de significância de 0,006, em interação com o fator resina/fotoiniciador, carece de expressão, $p=0.419$. Por outro lado, a sua interação com o fator tempo, $p=0,005$, é explicada pela diferença estatisticamente relevante entre as duas cores da resina composta Filtek One Bulk-Fill (3M, Neuss, Alemanha), característica detalhadamente analisada no ponto 2.3.

A interação dos fatores tempo e resina, $p=0,373$, dita que, apesar do tempo ($p=0,016$), por si só, ser capaz de ditar diferenças estatísticas, tal não acontece.

Assim sendo, as duas resinas compostas de cor equivalente respondem de forma distinta perante iguais tempos de polimerização, $p\leq 0,001$.

Tabela 8 - Valores de p obtidos na análise das médias de microdureza de *Vickers* de topo, diferenciando apenas os três fatores em estudo, independentemente dos seus subgrupos

FATOR EM ESTUDO	p	Eta parcial quadrado
RESINA	0,000	0,478
COR	0,006	0,068
TEMPO	0,016	0,076
RESINA*COR	0,419	0,006
RESINA*TEMPO	0,373	0,018
COR*TEMPO	0,005	0,094
RESINA*COR*TEMPO	0,000	0,142

2.1 – Avaliação inferencial da variação de microdureza de *Vickers* base/topo

A variação de microdureza de *Vickers* base/topo pressupõe a análise dos valores obtidos no teste e microdureza de *Vickers* de topo e de base. Estes últimos encontram-se descritos em anexo.

A tabela 9 representa o nível de significância atribuído aos valores das médias da variação de microdureza de *Vickers* base/topo, diferenciando os fatores analisados, mas não os diferentes sub-grupos.

Observando-a ressalta a relevância do fator tempo de polimerização aquando dos resultados quanto à variação de microdureza de *Vickers* base/topo simbolizada pelo nível de significância $p \leq 0,001$ e eta parcial quadrado 0,771. É importante referir que os restantes fatores em análise, fotoiniciador/resina e cor da resina composta, parecem também ser capazes de influenciar o comportamento do material, tendo valores de $p=0,022$ e $p=0,011$, respetivamente. No entanto, tendo montantes referentes a eta parcial quadrado inferiores a 0,771, tornam-se menos significativos face ao tempo de polimerização.

A interação entre resina, cor e tempo, $p=0,418$, dita um comportamento semelhante em todos os materiais analisados, no qual apenas perante 20 e 40 segundos de polimerização se atingem valores de profundidade de polimerização adequados, representada pela razão entre a microdureza de *Vickers* de base e de topo superior a 80%.

Tabela 9 - Valores de p obtidos na análise das médias da variação de microdureza de *Vickers* base/topo, diferenciando apenas os três fatores em estudo, independentemente dos seus subgrupos

FATOR EM ESTUDO	p	Eta parcial quadrado
RESINA	0,022	0,049
COR	0,011	0,060
TEMPO	0,000	0,771
RESINA*COR	0,916	0,000
RESINA*TEMPO	0,000	0,269
COR*TEMPO	0,290	0,023
RESINA*COR*TEMPO	0,418	0,016

2.3 – Avaliação da relevância estatística dos resultados através dos intervalos de confiança a 95%

Os gráficos 3 e 4 representam a análise comparativa entre os intervalos de confiança a 95% de ambos os compósitos analisados de acordo com a sua cor e o tempo de polimerização ao qual a amostra foi submetida, no teste de microdureza de *Vickers* de topo e variação base/topo, respetivamente.

Pelo seu estudo, dissecando cada subgrupo em valores máximos e mínimos de intervalos de confiança a 95% e comparando-o com os restantes sub-grupos, menciona-se significância estatística quanto à diferença quando a média da estimativa populacional dada pelos intervalos dos sub-grupos analisados não se sobrepõem.

Avaliando o gráfico 3 percebe-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre as duas resinas compostas de cor equivalente e submetidas ao mesmo tempo de fotopolimerização ($p \leq 0,001$). Na cor de maior valor (IVB e B1), estas encontram-se entre os 10 e os 40 segundos e na cor de menor valor (IVA e A3) a 10 e a 20 segundos, sendo os valores de microdureza, em ambos os casos, superiores na Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha).

Em ambas, analisando cada resina composta individualmente e recorrendo aos seus intervalos de confiança a 95%, a dureza superficial não tende a ser favorecida face ao tempo, pois a fotopolimerização dos espécimes ao longo de 10, 20 ou 40 segundos não apresenta diferenças estatísticas (tempo 10 = tempo 20 e tempo 20 = tempo 40). Esta interação, resina e tempo, apresenta $p=0,373$.

O fator tempo, por si só, apresenta relevância estatística quando se analisa o distinto comportamento genérico de ambos os materiais pelo gráfico 1 ($p=0,016$). Entende-se que, à exceção da FOBF cor A3, nos restantes compósitos o aumento do tempo de fotopolimerização permite um ligeiro aumento da microdureza de *Vickers* de topo, embora sem significado estatístico. No caso da FOBF cor A3, existe uma ligeira diminuição dos valores de microdureza de *Vickers* de topo. Atendendo à interação entre os fatores resina/fotoiniciador e tempo de polimerização, $p=0,373$, esta diferença não apresenta relevância estatística.

Analizando o compósito Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada), não existem diferenças relevantes entre a cor de maior e menor valor quando comparadas amostra submetidas a igual tempo de polimerização (interação entre os fatores resina e cor com um nível de significância a 95% de 0,419) nem dentro da mesma cor, quando submetidas a diferentes tempos de exposição à luz.

Já a resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) apresenta desigualdades entre as duas cores quando polimerizadas durante 10 segundos, o que explica a relevância estatística da cor como fator unitário, $p=0,006$, e da interação entre a cor e o tempo cujo $p=0,005$. Analisando a cor de maior valor, B1, existem diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de polimerização de 10 e 40 segundos, sendo que se obtêm resultados de microdureza de *Vickers* de topo superiores quando se submete a amostra a 40 segundos de exposição à luz, indo ao encontro do nível de significância a 95% do fator tempo de 0,016.

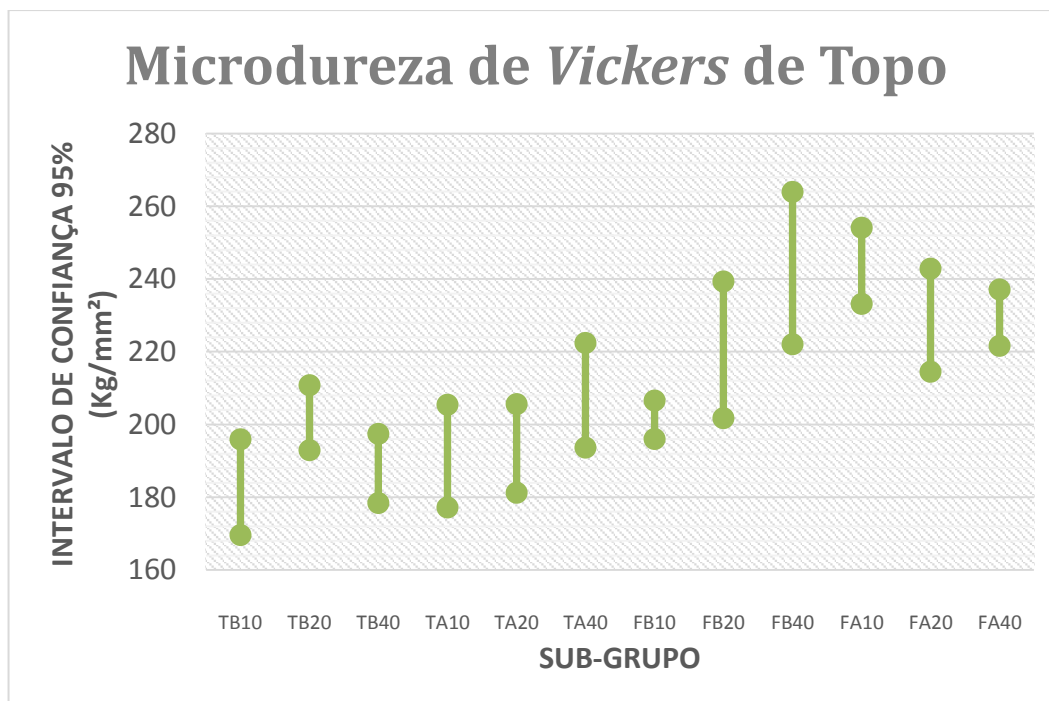


Gráfico 3 - Análise comparativa correspondente aos valores de microdureza de *Vickers* de topo dos intervalos de confiança a 95% das resinas compostas Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent) e Filtek One *Bulk-Fill* (3M) de acordo com o tempo de polimerização e a cor da amostra

Pela análise do gráfico 4, analisando os dois compósitos, é relevante salientar diferenças estatísticas entre eles ($p=0,022$) e que, em ambas as cores, a profundidade de polimerização perante 10 segundos é distinta (interação resina e tempo $p\leq 0,001$), sendo superior na resina composta TEC.

Entende-se ainda que, em ambos os materiais estudados e em ambas as cores, a polimerização da amostra durante 10 segundos é significativamente distinta face a 20 e 40 segundos, sendo que estes últimos não são estatisticamente diferentes ($p\leq 0,001$).

Perante iguais tempos de polimerização, ambas as resinas compostas têm um comportamento semelhante entre as cores de maior e de menor valor (interação entre a cor e a resina $p=0,916$ e cor e tempo $p=0,296$). Assim, apesar do nível de significância do fator cor, $p=0,011$, ser capaz de determinar diferenças estatísticas, tal não se verifica pois em interação com os restantes fatores, o seu efeito é dissipado.

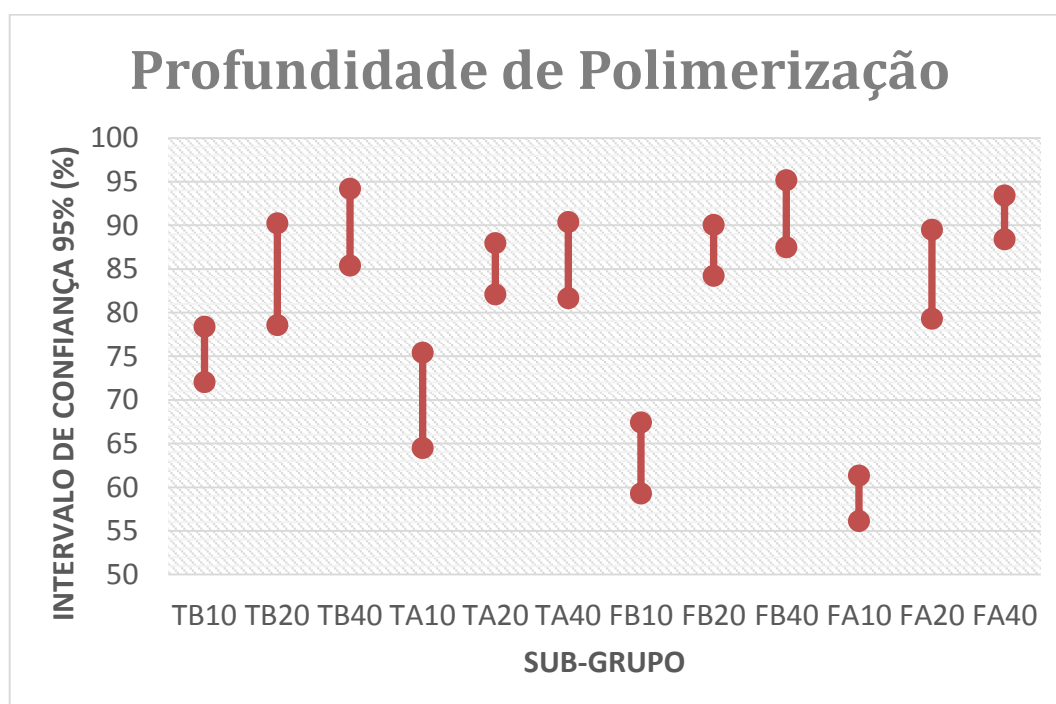


Gráfico 4 - Análise comparativa correspondente aos valores de variação de microdureza de Vickers base/topo dos intervalos de confiança a 95% das resinas compostas Tetric EvoCeram Bulk-Fill (Ivoclar Vivadent) e Filtek One Bulk-Fill (3M) de acordo com o tempo de polimerização

VI – Discussão

A tecnologia “*bulk-fill*” surge na necessidade de melhoria do tempo consumido pela clássica técnica incremental que requer a repetitiva colocação de múltiplos incrementos de 2mm com a sua fotopolimerização subjacente, sobretudo em restaurações de grandes dimensões (Miletic, Pongprueksa, De Munck, Brooks, & Van Meerbeek, 2017; Tsujimoto, Barkmeier, Takamizawa, Latta, & Miyazaki, 2017).

A substituição por camadas com o máximo de 4mm não só possibilita a simplificação da técnica restauradora como também combina uma profundidade de polimerização aumentada e características melhoradas do material. São elas: “*stress*” de contração de polimerização, rácio de deflexão cuspídea, risco de contaminação e incorporação de poros reduzidos e resistência à fratura elevada (Bayraktar et al., 2016; Rosatto et al., 2015)

No estudo prospetivo a um ano realizado por Bayraktar *et al* (2016), com o objetivo de avaliar a performance clínica de resinas compostas “*bulk-fill*” face a convencionais, concluiu-se não existirem diferenças estatisticamente significativas entre os materiais testados nos parâmetros: adaptação e descoloração marginais, retenção da restauração e presença de sensibilidade pós-operatória ou cárie secundária.

Tsujimoto *et al* (2017) acrescentam ainda a existência de diferenças significativas no que diz respeito ao módulo de flexão entre compósitos “*bulk-fill*” de diferentes consistências, ou seja, os materiais fluidos apresentam resultados inferiores face a consistência regular, não sendo essas diferenças consideráveis em comparação com resinas compostas convencionais.

A técnica restauradora utilizada, em condições de polimerização adequadas, não limita as propriedades mecânicas obtidas na restauração, no entanto os resultados quanto ao comportamento clínico de compósitos classificados como “*bulk-fill*” podem ser inferiores em comparação com os materiais que requerem a técnica incremental. (Ilie, Bucuta, & Draenert, 2013)

Apesar disso, as diferenças na composição de todos os novos materiais restauradores podem por si só ser uma justificação quanto às suas propriedades mecânicas e ao seu desempenho clínico (Benetti et al., 2015).

Contudo, ainda existem autores que consideram a utilização de resinas compostas “*bulk-fill*” controversa na medida em que defendem o seu compromisso mecânico face aos compósitos convencionais do tipo nanohíbridos altamente enriquecidos em partículas de carga inorgânica (J. G. Leprince et al., 2014).

Leprince *et al* (2014) e Rosatto *et al* (2015) comprovaram que o sucesso clínico de uma restauração encontra-se fortemente associado à resistência do material com que é realizada, ou seja, às suas propriedades mecânicas, podendo estas, quando diminuídas, influenciar negativamente a durabilidade da restauração.

A importância de uma polimerização adequada está intimamente ligada à obtenção de biocompatibilidade e resistência que assegure o êxito da restauração, tendo estas elevada relevância na compreensão do comportamento biomecânico dos materiais restauradores quando em função (B. Fronza et al., 2017; Rosatto et al., 2015).

A profundidade de polimerização dos materiais restauradores fotopolimerizáveis pode ser afetada por diversos fatores, entre os quais: a composição orgânica e inorgânica da resina composta; o tipo e a concentração do fotoiniciador presente; a cor e translucidez do compósito; o seu índice de refração de luz, a intensidade e o espectro de ação (nomeadamente o comprimento de onda) emitido pela fonte luminosa e possivelmente, a técnica de manipulação do material (Alrahlah et al., 2014; J. G. Leprince et al., 2012).

No que diz respeito às resinas compostas “*bulk-fill*”, a sua grande profundidade de polimerização, até cerca de 4/5mm, é conseguida através de modificações na sua composição, através da incorporação de moléculas “*booster*” de elevada atividade na dinâmica do sistema fotoiniciador ou moduladores de polimerização; do aumento de translucidez ou da fluidez do material. Todos estes fatores, em associação ou não, possibilitam a obtenção de uma polimerização eficiente (Benetti et al., 2015; B. Fronza et al., 2017; Miletic et al., 2017).

Benetti *et al* (2015) realçam a importância da realização de estudos clínicos e pré-clínicos face ao crescente aparecimento dos materiais restauradores do tipo “*bulk-fill*”.

A presente investigação teve como objetivo avaliar e comparar a profundidade de polimerização de resinas compostas “*bulk-fill*” em diferentes tempos de polimerização (10, 20 e 40 segundos) de acordo com a sua cor (de maior valor – IVB e B1 ou de menor valor – IVA e A3) e o fotoiniciador presente (canforoquinona ou o sistema canforoquinona e lucirina).

Para tal, foram utilizados os compósitos Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) nas cores B1 e A3 e Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada) nas cores IVB e IVA para a realização dos espécimes, os quais foram submetidos a distintos tempos de submissão à luz. Após esse procedimento, foi avaliada a microdureza de *Vickers* no topo e na base de cada espécime e a sua variação base/topo.

Várias são as formas que permitem a investigação da profundidade de polimerização de materiais restauradores fotopolimerizáveis (Alrahlah et al., 2014; Garcia et al., 2014).

É através de testes laboratoriais padronizados que ocorre a avaliação “*in vitro*” da profundidade de polimerização, tais como o teste de raspagem ISO 4049: 2009 e a medição da microdureza (Rodriguez, Yaman, Dennison, & Garcia, 2017).

O teste de raspagem ISO 4049:2009 tende a inflacionar os resultados, sobrestimando fortemente a profundidade de polimerização, sendo portanto pouco sensível (Bucuta & Ilie, 2014; Ceballos et al., 2009; Li et al., 2015; Moore et al., 2008).

Por outro lado, os testes de microdureza são considerados métodos práticos e confiáveis na determinação indireta do grau de conversão de monómeros em polímeros e da profundidade de polimerização através do rácio base/topo, permitindo a avaliação indireta da extensão da polimerização (Alkudhairy, 2017; Alrahlah et al., 2014; Rodriguez et al., 2017).

O teste de Knoop e o de *Vickers* são os mais utilizados na avaliação das propriedades das resinas compostas, de entre os vários que têm como base a medição dos valores de microdureza. Comparando-os, não existem diferenças significativas entre os dois, no entanto o teste de microdureza de *Vickers* parece ter maior relevância e

como tal, optou-se por utilizá-lo no decorrer desta investigação (Chang, Dennison, & Yaman, 2013).

De modo a evitar a possibilidade de sobrestimação dos valores de microdureza de *Vickers*, utilizou-se na confecção dos espécimes um molde metálico padronizado que bloqueou a transmissão da luz em seu redor e a superfície vestibular de um incisivo central superior como material refletor (AlQahtani et al., 2015; Lopes et al., 2013).

A avaliação da profundidade de polimerização foi, portanto, realizada através da razão entre os valores de microdureza de *Vickers* de base e de topo. Considerou-se 80% como o mínimo aceitável para definir a adequada polimerização das resinas compostas utilizadas (Bouschlicher et al., 2004; Garcia et al., 2014; Moore et al., 2008).

A primeira hipótese estudada, “Não existe diferença na profundidade de polimerização entre resinas compostas *“Bulk-Fill”* contendo canforoquinona ou canforoquinona e lucirina”, foi rejeitada. Existem, de facto, diferenças entre os dois compósitos analisados quando expostos à luz durante 10 segundos, sendo a profundidade de polimerização mais elevada a nível da Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canada).

É a capacidade de penetrabilidade da luz ao longo do material dentário que define a sua profundidade de polimerização. Esta depende de vários fatores, entre os quais, a composição da resina composta (Alrahlah et al., 2014).

De forma a possibilitar a criação de compósitos *“bulk-fill”* é necessário a incorporação de fotoiniciadores adicionais ou o aumento da translucidez do material, de modo a garantir uma profundidade de polimerização apropriada (Menees, Lin, Kojic, Burgess, & Lawson, 2015).

A resina composta TEC apresenta na sua constituição um fotoiniciador patenteado denominado Ivocerina. Este é composto pelo conjunto canforoquinona e lucirina, que apresenta um efeito sinérgico de maior atividade à absorção de luz visível, possibilitando uma polimerização mais rápida (Ilie, 2017; Moszner, Fischer, Ganster, Liska, & Rheinberger, 2008; Park, Chae, & Rawls, 1999; Salgado, Borba, Cavalcante, Moraes, & Schneider, 2015a).

Alguns autores defendem a superior absorção molar do fotoiniciador lucirina como justificação da eficiência de polimerização em resinas compostas que a possuem. Esta característica está correlacionada com a sua estrutura química (JG Leprince et al., 2011; Julian Leprince et al., 2009; Menees et al., 2015).

Ao contrário da canforoquinona, que quando clivada pela exposição à luz, forma apenas um radical livre intermédio; a lucirina forma dois. Estes são as moléculas capazes de interagir com os monómeros presentes na constituição da resina composta, propagando a reação de fotopolimerização. (JG Leprince et al., 2011; Julian Leprince et al., 2009; Neumann, Schmitt, Ferreira, & Corrêa, 2006).

Outra razão para o aumento da produção de radicais livres é a ausência de um co-iniciador associado à lucirina, o que requer menos passos ao longo da reação e com isso, conduz a maior rapidez no processo (JG Leprince et al., 2011).

A produção destes radicais livres é essencial à reação de fotopolimerização culminando no aumento do grau de conversão de monómeros em polímeros (JG Leprince et al., 2011).

Por outro lado, Menees *et al* (2015) referem a possível capacidade da lucirina absorver uma quantidade considerável de luz violeta nas camadas mais superficiais do compósito, prevenindo que esta exiba a sua capacidade de penetrabilidade para as camadas mais profundas, o que afetaria a profundidade de polimerização.

Uma justificação alternativa do aumento da profundidade de polimerização do compósito TEC face a FOBF pode estar associada à formulação da resina, no que diz respeito aos monómeros presentes na matriz orgânica e a fração, tamanho e distribuição das partículas de carga inorgânica (Cramer et al., 2011).

A matriz orgânica das duas resinas compostas difere na sua composição e na sua concentração. A TEC apresenta Bis-GMA, Bis-EMA e UDMA como seus constituintes, em detrimento da FOBF composta por AFM, AUDMA, DDDMA e UDMA.

A molécula Bis-GMA apresenta fortes ligações por pontes de hidrogénio intramoleculares e um rígido núcleo aromático que limitam a sua flexibilidade (Khatri, Stansbury, Schultheisz, & Antonucci, 2003).

A diminuída mobilidade do Bis-GMA associa-se a reduzida reatividade e consequentemente, a capacidade de polimerização decresce (Abed et al., 2015; Sideridou, Tserki, & Papanastasiou, 2002).

No entanto, essa característica pode ser ultrapassada devido à sua translucidez, estado intermédio entre a total opacidade e a total transparência, o que permite a passagem de parte da luz que incide sobre o material (Bauer & Ilie, 2013; Yu & Lee, 2008).

Esta propriedade encontra-se associada à diferença entre os índices de refração dos monómeros orgânicos e das partículas de carga inorgânica (Hyun, Christoferson, Pfeifer, Felix, & Ferracane, 2017; Shortall, Palin, & Burtscher, 2008).

Isto, pois o aumento da transmissão e penetrabilidade da luz irradiada existente em materiais mais translúcidos possibilita a eficiência de polimerização melhorada (Li et al., 2015).

Azzopardi *et al* (2009) e Ilie *et al* (2013) defendem a existência de uma correlação linear entre a quantidade de Bis-GMA e a transmitância de luz, tendo um efeito direto na translucidez. A elevada translucidez pertencente a esta molécula depende do seu índice de refração, semelhante ao das partículas inorgânicas, cerca de 1,55 (Azzopardi et al., 2009).

A concentração de pigmentos, opacos e a capacidade da matriz inorgânica dispersar a luz são características que podem também influenciar a translucidez da resina composta (Lee, Lu, & Powers, 2005).

Quanto à matriz inorgânica, ela também difere nos materiais em estudo; a TEC apresenta 61% de volume de partículas de carga inorgânica associados a 17% de “*isofillers*”, sendo alguns pré-polimerizados e a FOBF, 58,5%. A primeira está classificada, de acordo com a dimensão da carga inorgânica, como nano-híbrida e a segunda como nano-particulada.

A dispersão da luz aquando do seu impacto a nível da matriz inorgânica dos compósitos depende da sua interface com a matriz orgânica, sendo esta associada à dimensão e quantidade de partículas de carga (Ilie, Bucuta, et al., 2013).

A existência de um maior volume de matriz inorgânica tende a diminuir a sua interface perante a matriz orgânica, aumentando a dispersão de luz e diminuindo a sua transmissão e penetrabilidade. Isto conduz a uma diminuição da eficiência de polimerização (J. J. Kim et al., 2007; Li et al., 2015).

Este efeito de transmissão e dispersão de luz é afetado, para além do comprimento de onda da luz incidente, pelo tamanho das partículas de carga inorgânica (B. Fronza et al., 2017; Turssi, Ferracane, & Vogel, 2005).

Tendo as duas resinas compostas diferentes dimensões de partículas de carga e como tal, diferentes classificações, é de esperar diferenças nas suas propriedades e no seu comportamento, sendo que os materiais nanohíbridos parecem ter mais semelhanças com os microhíbridos do que com os nanoparticulados (Moraes et al., 2009).

Sendo a TEC um compósito nanohíbrido, este apresenta partículas de carga inorgânica de diferentes dimensões e “*nanoclusters*” que perfazem a escala dos micrótomos. Como tal, a dimensão da matriz inorgânica é superior à da resina composta FOBF, o que tende a melhorar a translucidez (Villarreal, Hirata, & Sousa, 2005)

Considerando que o aumento do tamanho das partículas de carga auxilia à obtenção de translucidez, reduzindo a interface entre matriz orgânica e inorgânica, o que culmina na acentuada penetração de luz e consequentemente, no aumento da profundidade de polimerização (Abed et al., 2015; Alkudhairy, 2017).

Assim percebe-se que muitos são os fatores que influenciam a profundidade de polimerização e como tal, há que os ter em consideração aquando da exposição da luz a um compósito no processo restaurador.

A segunda hipótese estudada, “A profundidade de polimerização não se altera com os diferentes tempos de exposição à luz” foi rejeitada.

No presente estudo, em ambas as resinas compostas, o aumento do período de fotopolimerização levou a um acréscimo na profundidade de polimerização. No entanto, as diferenças estatisticamente significativas ocorreram, em ambos os compósitos, aquando da comparação entre os valores obtidos pela exposição à luz durante 10 e 20 segundos. O aumento desse período para 40 segundos revelou não levar ao aumento da eficácia da polimerização.

A extensão da polimerização de um material restaurador fotopolimerizável encontra-se dependente da energia disponível para a conversão dos monómeros em polímeros. Esta está intimamente articulada com a energia emitida pelo aparelho fotopolimerizador e o tempo de exposição de luz (Rueggeberg, Cole, Looney, Vickers, & Swift, 2009).

O tempo de polimerização permite que a luz penetre até às camadas mais profundas de compósito e com isso, aí atinja propriedades semelhantes à superfície irradiada. Assim sendo, tempos de exposição reduzidos culminam em diminuídas propriedades mecânicas, evidentes sobretudo em profundidades de polimerização reduzidas (Ilie & Stark, 2014; Rueggeberg et al., 2009).

Os resultados obtidos neste estudo vão de acordo com outras investigações anteriormente realizadas.

Miletic *et al* (2017) refere a inadequada polimerização associada à resina composta TEC quando exposta à luz durante 10 segundos, tempo recomendado pelo fabricante.

Bucuta & Ilie (2014) concluiu que 20 segundos de exposição são suficientes para obter resultados superiores a 80% perante camadas de material com a espessura recomendada pelo fabricante.

Bauer & Ilie (2013) defendem igualmente a recomendação de 20 segundos de fotopolimerização de forma a alcançar propriedades mecânicas favoráveis.

Comparando resultados laboratoriais padronizados e condições clínicas simuladas de resinas compostas utilizando luzes LED de alta intensidade, infere-se a importância destes aparelhos na polimerização dos materiais (Ilie, Bauer, Draenert, & Hickel, 2013).

Para além da análise da diferença dos períodos de exposição à luz, é necessária uma outra perspetiva, a capacidade de uma resina composta obter resultados de rácio de microdureza de *Vickers* de base e de topo igual ou superior a 80%.

Isto pois, Garcia *et al* (2014) comprovou que a profundidade de polimerização de compósitos “*bulk fill*” pode ser inferior à indicada pelo fabricante.

No presente estudo foi confirmado esse facto através da resina composta TEC quando polimerizada durante 10 segundos, uma vez que apesar da indicação do fabricante, esse tempo de exposição à luz provou não ser o suficiente para atingir o mínimo aceitável de 80%.

No caso da FOBF, apesar de não ter atingido esse patamar, tal era previsível uma vez que o tempo de polimerização recomendado pelo fabricante é de 20 segundos.

Como tal, perante os resultados obtidos, recomenda-se a polimerização de resinas compostas “*bulk fill*”, nomeadamente as analisadas, ao longo de 20 segundos.

A terceira hipótese estudada, “Não existe diferença entre a profundidade de polimerização de resinas “*Bulk-Fill*” de diferentes cores e expostas ao mesmo período de tempo de polimerização” foi aceite.

Tais resultados contrariam o esperado, uma vez que cores de menor valor tendem a requerer maior energia para uma adequada polimerização e, portanto, tempos de exposição à luz mais prolongados (Davidson-Kaban, Davidson, Feilzer, de Gee, & Erdilek, 1997; Thomé et al., 2007).

Quanto a este fator é importante a análise da dureza superficial obtida nas duas cores estudadas, a de maior valor (IVB e B1) e a de menor valor (IVA e A3). Quando polimerizadas por 10 segundos revelou-se diferenças estatisticamente significativas na resina composta FOBF, no qual a cor A3 obteve valores de microdureza de *Vickers* de topo superiores à B1.

Esta investigação mostrou, portanto, resultados díspares com o descrito anteriormente.

Na avaliação da dureza superficial, tal como da profundidade de polimerização, de acordo com vários estudos levados a cabo previamente, a translucidez é um preditor mais fiável que a cor do material (J. Ferracane, Aday, Matsumoto, & Marker, 1986; Hyun et al., 2017).

A relação entre a translucidez e a luminosidade (valor) é inversamente proporcional. Assim sendo, valores diminuídos de luminosidade são justificados pela dispersão de luz típica dos materiais translúcidos, facilitando a penetrabilidade da luz

até às camadas mais profundas da resina composta (Aguilar, Lazzari, Lima, Ambrosano, & Lovadino, 2005).

Desta forma, cores de menor valor e, portanto, mais escuras apresentam maior quantidade de pigmentos que absorvem a luz e a impedem que ser transmitida a toda a extensão do compósito. No entanto, se se analisar a sua translucidez, esta encontra-se mais elevada, o que permite compensar a pigmentação (Tsai, Meyers, & Walsh, 2004).

Naturalmente, existe a possibilidade da presença de uma maior concentração de moléculas fotoiniciadoras em cores mais escuras que, ao serem ativadas, proporcionam resultados de dureza superiores (Lazarchik, Hammond, Sikes, Looney, & Rueggeberg, 2007; Rodriguez et al., 2017).

Por outro lado, o facto da TEC, em ambas e cores e tempos de polimerização, adquirir valores de dureza superficial inferiores à resina composta FOBF pode estar relacionada com a sua composição inorgânica. Isto pode estar relacionado com a presença de partículas de carga inorgânica pré-polimerizadas levam a valores de dureza inferiores (B. M. Fronza et al., 2015; K.-H. Kim, Ong, & Okuno, 2002).

Um estudo realizado com o objetivo de avaliar a influência da matriz inorgânica nas propriedades mecânicas de diferentes resinas compostas concluiu que, à parte da composição das partículas de carga, a classificação do material poderia ditar a sua “performance”. Comparando compósitos nanoparticulados e nanohíbridos, houve evidência científica que estes últimos coligavam-se com diminuídos valores de dureza superficial, o que se encontra de acordo com esta investigação (Rastelli et al., 2012).

Analisando o comportamento das resinas compostas TEC e FOBF perante o aumento do tempo de exposição à luz, percebe-se que, à exceção da FOBF na cor A3, em todas as restantes, períodos de fotopolimerização mais prolongados originam durezas superficiais mais elevadas. No entanto, tal não é estatisticamente significativo.

A importância do estudo da profundidade de polimerização e da dureza superficial dos materiais analisados relaciona-se com a tentativa de avaliar o seu sucesso clínico. Este está inteiramente relacionado com as propriedades mecânicas dos compósitos que asseguram o comportamento biomecânico dos compósitos na cavidade oral (Rosatto et al., 2015).

A dureza superficial e o grau de conversão encontram-se relacionados e influenciam diretamente as propriedades mecânicas e físicas das resinas compostas (Abed et al., 2015; J. L. Ferracane, 1985).

O interesse desta questão associa-se ao sucesso clínico de um ato restaurador na medida em que graus de conversão e valores de dureza superficiais elevados são essenciais na obtenção de estabilidade da cor e sobretudo resistência ao desgaste. Esta é bastante relevante em áreas de elevado “*stress*” mastigatório, onde facilmente se originam defeitos que culminam no fracasso da restauração (Abed et al., 2015; Galvão, Caldas, Bagnato, de Souza Rastelli, & de Andrade, 2013).

No entanto, após a aquisição de um grau de conversão satisfatório, a dureza superficial deixa de ser afetada pelo tempo de exposição à luz ou pela cor da resina composta (Calheiros, Kawano, Stansbury, & Braga, 2006).

Mediante as informações desta investigação em conjunto com outras realizadas ao longo dos anos, é fundamental o médico dentista, durante a sua prática clínica, perceber as características dos materiais que utiliza de modo a que o seu uso clínico seja o mais indicado possível, de acordo com as suas características mais favoráveis e considerando também as mais desagradáveis.

VII – Conclusões

Apesar das limitações do presente estudo, foi possível concluir:

- Não existiram diferenças estatisticamente significativas entre a profundidade de polimerização das resinas compostas TEC e FOBF de diferentes cores quando polimerizadas por igual período de tempo, não sendo, portanto, o tempo, um fator determinante;
- Em ambos os materiais e em ambas as cores, a profundidade de polimerização quando de um tempo de exposição à luz de 20 seg aumenta quando comparado com 10 seg, mas mantém-se constante após esse período;
- Quando comparadas as duas resinas compostas, em ambas as cores, existem diferenças estatisticamente significativas quando polimerizadas durante 10 segundos, sendo a profundidade de polimerização superior na TEC;
- Ambas as resinas compostas atingem o mínimo aceitável de 80% de profundidade de polimerização apenas quando polimerizadas durante 20 ou 40 segundos;
- O aumento do tempo de fotopolimerização tende a aumentar linearmente a profundidade de polimerização em ambos os materiais;
- A resina composta TEC não cumpre as expectativas na medida em que o tempo de polimerização indicado pelo fabricante revela-se incapaz de atingir uma profundidade de polimerização adequada;
- Avaliando a dureza superficial não existem diferenças estatisticamente significativas entre as cores de maior e menor valor da resina composta TEC quando polimerizadas por igual período de tempo;
- A dureza superficial mantém-se constante ao longo dos três tempos de exposição à luz em ambos os compósitos;
- O aumento do tempo de fotopolimerização tende a aumentar linearmente a dureza superficial com a exceção da resina composta FOBF na cor A3, onde diminui.

Perspetivas futuras

Avaliar a microdureza de *Vickers* dos materiais estudados a diferentes profundidades de polimerização.

Analisar a translucidez das resinas compostas estudadas e correlacioná-la com a luminosidade dos espécimes.

Quantificar a irradiância da luz transmitida ao longo do espécime e correlacioná-la com a profundidade de polimerização e translucidez.

Quantificar a absorvância de acordo com o fotoiniciador presente no compósito, relacionando-a com a profundidade de polimerização.

VIII - Bibliografia

- Abed, Y., Sabry, H., & Alrobeigy, N. (2015). Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite. *Tanta Dental Journal*, 12(2), 71-80.
- Aguiar, F. H. B., Lazzari, C. R., Lima, D. A. N. L., Ambrosano, G. M. B., & Lovadino, J. R. (2005). Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. *Brazilian Oral Research*, 19(4), 302-306.
- Alkhudhairy, F. I. (2017). The effect of curing intensity on mechanical properties of different bulk-fill composite resins. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 9, 1.
- AlQahtani, M., Michaud, P., Sullivan, B., Labrie, D., AlShaafi, M., & Price, R. (2015). Effect of high irradiance on depth of cure of a conventional and a bulk fill resin-based composite. *Operative dentistry*, 40(6), 662-672.
- Alrahlah, A., Silikas, N., & Watts, D. (2014). Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *dental materials*, 30(2), 149-154.
- Alshali, R. Z., Silikas, N., & Satterthwaite, J. D. (2013). Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *dental materials*, 29(9), e213-e217.
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' science of dental materials*: Elsevier Health Sciences.
- Azzopardi, N., Moharamzadeh, K., Wood, D. J., Martin, N., & van Noort, R. (2009). Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. *dental materials*, 25(12), 1564-1568.
- Bauer, H., & Ilie, N. (2013). Effects of aging and irradiation time on the properties of a highly translucent resin-based composite. *Dental Materials Journal*, 32(4), 592-599.
- Bayraktar, Y., Ercan, E., Hamidi, M. M., & Çolak, H. (2016). One-year clinical evaluation of different types of bulk-fill composites. *Journal of investigative and clinical dentistry*.
- Behery, H., El-Mowafy, O., El-Badrawy, W., Saleh, B., & Nabih, S. (2016). Cuspal Deflection of Premolars Restored with Bulk-Fill Composite Resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.

- Benetti, A. R., Havndrup-Pedersen, C., Honoré, D., Pedersen, M. K., & Pallesen, U. (2015). Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Operative dentistry*, 40(2), 190-200.
- Bouschlicher, M., Rueggeberg, F., & Wilson, B. (2004). Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent*, 29(6), 698-704.
- Bucuta, S., & Ilie, N. (2014). Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clinical oral investigations*, 18(8), 1991-2000.
- Calheiros, F. C., Kawano, Y., Stansbury, J. W., & Braga, R. R. (2006). Influence of radiant exposure on contraction stress, degree of conversion and mechanical properties of resin composites. *dental materials*, 22(9), 799-803.
- Ceballos, L., Fuentes, M., Tafalla Pastor, H., Martínez, Á., Flores, J., & Rodríguez, J. (2009). Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units.
- Chang, M., Dennison, J., & Yaman, P. (2013). Physical property evaluation of four composite materials. *Operative dentistry*, 38(5), E144-E153.
- Condon, J., & Ferracane, J. (1997). In vitro wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. *Journal of dental research*, 76(7), 1405-1411.
- Cramer, N., Stansbury, J., & Bowman, C. (2011). Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *Journal of dental research*, 90(4), 402-416.
- Davidson-Kaban, S. S., Davidson, C. L., Feilzer, A. J., de Gee, A. J., & Erdilek, N. (1997). The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. *dental materials*, 13(5-6), 344-352.
- De Oliveira, D. C. R. S., Rocha, M. G., Gatti, A., Correr, A. B., Ferracane, J. L., & Sinhoret, M. A. C. (2015). Effect of different photoinitiators and reducing agents on cure efficiency and color stability of resin-based composites using different LED wavelengths. *Journal of dentistry*, 43(12), 1565-1572.
- Ferracane, J., Aday, P., Matsumoto, H., & Marker, V. (1986). Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins. *dental materials*, 2(2), 80-84.

- Ferracane, J., & Greener, E. (1986). The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 20(1), 121-131.
- Ferracane, J. L. (1985). Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *dental materials*, 1(1), 11-14.
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite—state of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29-38.
- Ferracane, J. L. (2013). Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? *dental materials*, 29(1), 51-58.
- Ferracane, J. L., & Hilton, T. J. (2016). Polymerization stress—is it clinically meaningful? *dental materials*, 32(1), 1-10.
- Flury, S., Hayoz, S., Peutzfeldt, A., Hüsler, J., & Lussi, A. (2012). Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *dental materials*, 28(5), 521-528.
- Fronza, B., Ayres, A., Pacheco, R., Rueggeberg, F., Dias, C., & Giannini, M. (2017). Characterization of Inorganic Filler Content, Mechanical Properties, and Light Transmission of Bulk-fill Resin Composites. *Operative dentistry*.
- Fronza, B. M., Rueggeberg, F. A., Braga, R. R., Mogilevych, B., Soares, L. E. S., Martin, A. A., . . . Giannini, M. (2015). Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *dental materials*, 31(12), 1542-1551.
- Furness, A., Tadros, M. Y., Looney, S. W., & Rueggeberg, F. A. (2014). Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *Journal of dentistry*, 42(4), 439-449.
- Galvão, M. R., Caldas, S. G. F. R., Bagnato, V. S., de Souza Rastelli, A. N., & de Andrade, M. F. (2013). Evaluation of degree of conversion and hardness of dental composites photo-activated with different light guide tips. *European journal of dentistry*, 7(1), 86.
- Garcia, D., Yaman, P., Dennison, J., & Neiva, G. (2014). Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Operative dentistry*, 39(4), 441-448.
- Guiraldo, R. D., Consani, S., Consani, R. L. X., Berger, S. B., Mendes, W. B., & Sinhoreti, M. A. C. (2009). Light energy transmission through composite

- influenced by material shades. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 50(4), 183-190.
- Hilton, T. J., Ferracane, J. L., & Broome, J. C. (2013). *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach*. Quintessence Publishing Company, Incorporated.
- Hirata, R., Kabbach, W., Andrade, O. S., Bonfante, E. A., Giannini, M., & Coelho, P. G. (2015). Bulk Fill composites: an anatomic sculpting technique. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(6), 335-343.
- Högg, C., Maier, M., Dettinger-Maier, K., He, X., Rothmund, L., Kehe, K., . . . Reichl, F.-X. (2016). Effect of various light curing times on the elution of composite components. *Clinical oral investigations*, 20(8), 2113-2121.
- Howard, B., Wilson, N. D., Newman, S. M., Pfeifer, C. S., & Stansbury, J. W. (2010). Relationships between conversion, temperature and optical properties during composite photopolymerization. *Acta biomaterialia*, 6(6), 2053-2059.
- <https://multimedia.3m.com/mws/media/1317671O/filtek-one-bulk-fill-technical-product-profile.pdf>
- https://www.ivoclarvivadent.us/mam/celum/celum_assets/8937335947294_Tetric_EvoCeram_Bulk_Fill2_pdf_6001.pdf?3
- Hyun, H. K., Christoferson, C. K., Pfeifer, C. S., Felix, C., & Ferracane, J. L. (2017). Effect of shade, opacity and layer thickness on light transmission through a nano-hybrid dental composite during curing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.
- Ilie, N. (2017). Impact of Light Transmittance Mode on Polymerisation Kinetics in Bulk-fill resin-based Composites. *Journal of dentistry*.
- Ilie, N., Bauer, H., Draenert, M., & Hickel, R. (2013). Resin-based composite light-cured properties assessed by laboratory standards and simulated clinical conditions. *Operative dentistry*, 38(2), 159-167.
- Ilie, N., Bucuta, S., & Draenert, M. (2013). Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Operative dentistry*, 38(6), 618-625.
- Ilie, N., & Hickel, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*, 56(s1), 59-66.
- Ilie, N., & Stark, K. (2014). Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *Journal of dentistry*, 42(8), 977-985.

- Ilie, N., & Stark, K. (2015). Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. *Clinical oral investigations*, 19(2), 271-279.
- Jang, J., Park, S., & Hwang, I. (2015). Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Operative dentistry*, 40(2), 172-180.
- Khatri, C. A., Stansbury, J. W., Schultheisz, C. R., & Antonucci, J. M. (2003). Synthesis, characterization and evaluation of urethane derivatives of Bis-GMA. *dental materials*, 19(7), 584-588.
- Kim, J. J., Moon, H. J., Lim, B. S., Lee, Y. K., Rhee, S. H., & Yang, H. C. (2007). The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 80(2), 332-338.
- Kim, K.-H., Ong, J. L., & Okuno, O. (2002). The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *The Journal of prosthetic dentistry*, 87(6), 642-649.
- Kim, M.-J., Kim, R. J.-Y., Ferracane, J., & Lee, I.-B. (2017). Thermographic analysis of the effect of composite type, layering method, and curing light on the temperature rise of photo-cured composites in tooth cavities. *dental materials*, 33(10), e373-e383.
- Kim, R. J.-Y., Kim, Y.-J., Choi, N.-S., & Lee, I.-B. (2015). Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *Journal of dentistry*, 43(4), 430-439.
- Lazarchik, D. A., Hammond, B. D., Sikes, C. L., Looney, S. W., & Rueggeberg, F. A. (2007). Hardness comparison of bulk-filled/transtooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *The Journal of prosthetic dentistry*, 98(2), 129-140.
- Lee, Y.-K., Lu, H., & Powers, J. M. (2005). Measurement of opalescence of resin composites. *dental materials*, 21(11), 1068-1074.
- Leprince, J., Hadis, M., Shortall, A., Ferracane, J., Devaux, J., Leloup, G., & Palin, W. (2011). Photoinitiator type and applicability of exposure reciprocity law in filled and unfilled photoactive resins. *dental materials*, 27(2), 157-164.
- Leprince, J., Lamblin, G., Truffier-Boutry, D., Demoustier-Champagne, S., Devaux, J., Mestdagh, M., & Leloup, G. (2009). Kinetic study of free radicals trapped in

- dental resins stored in different environments. *Acta biomaterialia*, 5(7), 2518-2524.
- Leprince, J. G., Leveque, P., Nysten, B., Gallez, B., Devaux, J., & Leloup, G. (2012). New insight into the “depth of cure” of dimethacrylate-based dental composites. *dental materials*, 28(5), 512-520.
- Leprince, J. G., Palin, W. M., Vanacker, J., Sabbagh, J., Devaux, J., & Leloup, G. (2014). Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *Journal of dentistry*, 42(8), 993-1000.
- Li, X., Pongprueksa, P., Van Meerbeek, B., & De Munck, J. (2015). Curing profile of bulk-fill resin-based composites. *Journal of dentistry*, 43(6), 664-672.
- Lim, Y.-K., Lee, Y.-K., Lim, B.-S., Rhee, S.-H., & Yang, H.-C. (2008). Influence of filler distribution on the color parameters of experimental resin composites. *dental materials*, 24(1), 67-73.
- Lopes, J. P., Catalão, F., Barragán, G., Portugal, J., & Arantes-Oliveira, S. (2013). Influência de diferentes matrizes oclusais na fotopolimerização de uma resina composta: análise de microdureza Knoop. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 54(4), 203-209.
- Luddin, N., Ibrahim, N., & Alam, M. K. (2014). The Effects of Shade, Light Curing Method and Exposure Time on Surface Microhardness of Nanocomposite Material. *International Medical Journal*, 21(1), 28-30.
- Manojlovic, D., Dramićanin, M. D., Lezaja, M., Pongprueksa, P., Van Meerbeek, B., & Miletic, V. (2016). Effect of resin and photoinitiator on color, translucency and color stability of conventional and low-shrinkage model composites. *dental materials*, 32(2), 183-191.
- Mantri, S. P., & Mantri, S. S. (2013). Management of Shrinkage Stresses in Direct Restorative Light-Cured Composites: A Review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(5), 305-313.
- Marghalani, H. Y. (2010). Post-irradiation Vickers microhardness development of novel resin composites. *Materials Research*, 13(1), 81-87.
- Marovic, D., Panduric, V., Tarle, Z., Ristic, M., Sariri, K., Demoli, N., . . . Prskalo, K. (2013). Degree of conversion and microhardness of dental composite resin materials. *Journal of molecular structure*, 1044, 299-302.

- Menees, T. S., Lin, C. P., Kojic, D. D., Burgess, J. O., & Lawson, N. C. (2015). Depth of cure of bulk fill composites with monowave and polywave curing lights. *American journal of dentistry*, 28(6), 357.
- Miletic, V., Pongprueksa, P., De Munck, J., Brooks, N. R., & Van Meerbeek, B. (2017). Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites. *Clinical oral investigations*, 21(4), 1201-1212.
- Mohammed, A., & Ario, S. (2015a). Resin-Based Composite and LCU-related Factors affecting the Degree of Cure. A Literature Review: Part 1. Resin-Based Composites. *Acta Medica Marisiensis*, 61(3), 153-157.
- Mohammed, A., & Ario, S. (2015b). Resin-Based Composite and LCU-related Factors Affecting the Degree of Cure. A Literature Review: Part 2. Light Curing Units & Related Factors. *Acta Medica Marisiensis*, 61(4), 255-260.
- Moore, B. K., Platt, J. A., Borges, G., Chu, T. G., & Katsilieri, I. (2008). Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Operative dentistry*, 33(4), 408-412.
- Moraes, R., Gonçalves, L. d. S., Lancellotti, A., Consani, S., Correr-Sobrinho, L., & Sinhoreti, M. (2009). Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins? *Operative dentistry*, 34(5), 551-557.
- Moszner, N., Fischer, U. K., Angermann, J., & Rheinberger, V. (2008). A partially aromatic urethane dimethacrylate as a new substitute for Bis-GMA in restorative composites. *Dental Materials*, 24(5), 694-699.
- Moszner, N., Fischer, U. K., Ganster, B., Liska, R., & Rheinberger, V. (2008). Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *dental materials*, 24(7), 901-907.
- Neumann, M. G., Schmitt, C. C., Ferreira, G. C., & Corrêa, I. C. (2006). The initiating radical yields and the efficiency of polymerization for various dental photoinitiators excited by different light curing units. *dental materials*, 22(6), 576-584.
- Ogunyinka, A., Palin, W., Shortall, A., & Marquis, P. (2007). Photoinitiation chemistry affects light transmission and degree of conversion of curing experimental dental resin composites. *dental materials*, 23(7), 807-813.
- Owens, B. M., Phebus, J., & Ragain, J. (2014). Determination and Correlation of Depth of Cure of a New Composite Resin Delivery System. *The Journal of the Tennessee Dental Association*, 95(2), 39-44; quiz 45-36.

- Papadogiannis, D., Tolidis, K., Gerasimou, P., Lakes, R., & Papadogiannis, Y. (2015). Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins. *dental materials*, 31(12), 1533-1541.
- Park, Y.-J., Chae, K.-H., & Rawls, H. (1999). Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. *dental materials*, 15(2), 120-127.
- Rastelli, A. N., Jacomassi, D. P., Faloni, A. P. S., Queiroz, T. P., Rojas, S. S., Bernardi, M. I. B., . . . Hernandez, A. C. (2012). The filler content of the dental composite resins and their influence on different properties. *Microscopy research and technique*, 75(6), 758-765.
- Rodriguez, A., Yaman, P., Dennison, J., & Garcia, D. (2017). Effect of Light-Curing Exposure Time, Shade, and Thickness on the Depth of Cure of Bulk Fill Composites. *Operative dentistry*.
- Rosatto, C., Bicalho, A., Veríssimo, C., Bragança, G., Rodrigues, M., Tantbirojn, D., . . . Soares, C. (2015). Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *Journal of dentistry*, 43(12), 1519-1528.
- Rueggeberg, F. A., Cole, M. A., Looney, S. W., Vickers, A., & Swift, E. J. (2009). Comparison of Manufacturer-Recommended Exposure Durations with Those Determined Using Biaxial Flexure Strength and Scraped Composite Thickness Among a Variety of Light-Curing Units. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 21(1), 43-61.
- Salgado, V. E., Borba, M. M., Cavalcante, L. M., Moraes, R. R., & Schneider, L. F. (2015a). Effect of photoinitiator combinations on hardness, depth of cure, and color of model resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(S1).
- Salgado, V. E., Borba, M. M., Cavalcante, L. M., Moraes, R. R., & Schneider, L. F. (2015b). Effect of Photoinitiator Combinations on Hardness, Depth of Cure, and Color of Model Resin Composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(S1), S41-S48.
- Santini, A., Miletic, V., Swift, M. D., & Bradley, M. (2012). Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units. *Journal of dentistry*, 40(7), 577-584.

- Schneider, L. F. J., Cavalcante, L. M., & Silikas, N. (2010). Shrinkage stresses generated during resin-composite applications: a review. *Journal of dental biomechanics*, 1(1).
- Shortall, A., Palin, W., & Burtscher, P. (2008). Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *Journal of dental research*, 87(1), 84-88.
- Sideridou, I., Tserki, V., & Papanastasiou, G. (2002). Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 23(8), 1819-1829.
- Standard, I. (2009). 4049. Dentistry--Polymer-based restorative materials. Vol. 2009. *International Organization for Standardization*.
- Tarle, Z., Marović, D., & Pandurić, V. (2012). CONTEMPORARY CONCEPTS ON COMPOSITE MATERIALS. *Rad Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. Medicinske znanosti*, 511(38).
- Thomé, T., Steagall Jr, W., Tachibana, A., Braga, S. R. M., & Turbino, M. L. (2007). Influence of the distance of the curing light source and composite shade on hardness of two composites. *Journal of Applied Oral Science*, 15(6), 486-491.
- Tsai, P. C., Meyers, I. A., & Walsh, L. J. (2004). Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *dental materials*, 20(4), 364-369.
- Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Takamizawa, T., Latta, M. A., & Miyazaki, M. (2017). Depth of cure, flexural properties and volumetric shrinkage of low and high viscosity bulk-fill giomers and resin composites. *Dental Materials Journal*, 36(2), 205-213.
- Turssi, C., Ferracane, J., & Vogel, K. (2005). Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials*, 26(24), 4932-4937.
- Villarroel, M., Hirata, R., & Sousa, A. (2005). Avaliação comparativa da translucidez do esmalte dentário e de resinas compostas para esmalte. *Rev Dental Press Estét*, 2(3), 22-34.
- Wang, L., D'Alpino, P. H. P., Lopes, L. G., & Pereira, J. C. (2003). Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *Journal of Applied Oral Science*, 11(3), 162-167.

- Yu, B., & Lee, Y.-K. (2008). Translucency of varied brand and shade of resin composites. *Am J Dent*, 21(4), 229-232.
- Zorzin, J., Maier, E., Harre, S., Fey, T., Belli, R., Lohbauer, U., . . . Taschner, M. (2015). Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *dental materials*, 31(3), 293-301.

ANEXOS

Avaliação descritiva da microdureza de *Vickers* de base

As tabelas 10 e 11 representam os valores de microdureza de *Vickers* de base da resina composta TEC e FOBF, respetivamente.

Tabela 10 - Valores de microdureza de *Vickers* de base referentes à resina composta Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respetivas médias e intervalos de confiança a 95%

RESINA	Tetric EvoCeram <i>Bulk-Fill</i> (Ivoclar Vivadent)					
COR	IVB			IVA		
Tempo de polimerização (seg)	10	20	40	10	20	40
Microdureza <i>Vickers</i> Base (Kg/mm ²)	133,6	154,2	167,6	112,8	146,8	176,6
	138,2	173,6	174,4	113,8	190,6	156,0
	128,8	148,0	168,0	140,6	177,8	169,2
	150,4	170,4	151,6	152,4	161,0	169,2
	140,2	183,2	172,8	127,0	147,8	214,6
	126,0	166,8	138,4	144,4	153,0	186,0
	122,4	158,0	179,4	120,2	165,2	180,8
	146,2	180,6	179,0	130,8	159,0	172,0
	153,0	182,8	187,4	149,4	160,2	169,0
	131,0	180,2	-	140,0	181,2	190,4
MD ± DP (Kg/mm ²)	137,0 ± 10,4	169,8 ± 12,7	168,7 ± 15,1	133,1 ± 14,4	164,3 ± 14,6	178,4 ± 16,1
IC 95% (Kg/mm ²)	129,5-144,4	160,7-178,9	157,1-180,4	122,8-143,4	153,8-174,7	166,9-189,9
Espécimes (n)	10	10	9	10	10	10

Tabela 11 - Valores de microdureza de *Vickers* de base referentes à resina composta Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha) de acordo com o tempo de polimerização e a cor e respectivas médias e intervalo de confiança a 95%

RESINA	Filtek One <i>Bulk-Fill</i> (3M)					
COR	B1			A3		
Tempo de polimerização (seg)	10	20	40	10	20	40
Microdureza <i>Vickers</i> Base (Kg/mm ²)	150,8	170,8	197,8	147,8	191,2	198,8
	-	193,8	215,6	146,0	171,6	214,0
	113,2	232,0	243,2	160,8	192,8	203,4
	136,0	226,0	203,4	148,6	182,2	206,6
	137,0	199,0	219,4	132,6	206,2	218,0
	112,2	166,6	198,4	147,0	218,8	202,0
	123,8	174,2	216,0	140,6	216,4	211,2
	128,2	181,2	254,2	124,6	179,6	219,6
	132,0	183,0	250,0	145,2	186,2	216,8
	116,0	191,8	212,4	138,4	178,8	193,2
MD ± DP (Kg/mm ²)	127,7 ± 12,8	191,8 ± 22,2	221,0 ± 20,9	143,2 ± 9,9	192,4 ± 16,3	208,4 ± 8,9
IC 95% (Kg/mm ²)	117,9-137,5	176,0-207,7	206,1-236,0	136,1-150,2	180,7-204,0	202,0-214,8
Espécimes (n)	9	10	10	10	10	10

O gráfico 5 representa os valores médios de microdureza de *Vickers* de base de cada resina composta utilizada, Tetric EvoCeram *Bulk-Fill* (Ivoclar Vivadent, Ontario, Canadá) e Filtek One *Bulk-Fill* (3M, Neuss, Alemanha), nas cores de maior valor (IVB e B1, respetivamente) e de menor valor (IVA e A3, respetivamente), de acordo com o tempo de polimerização da amostra.

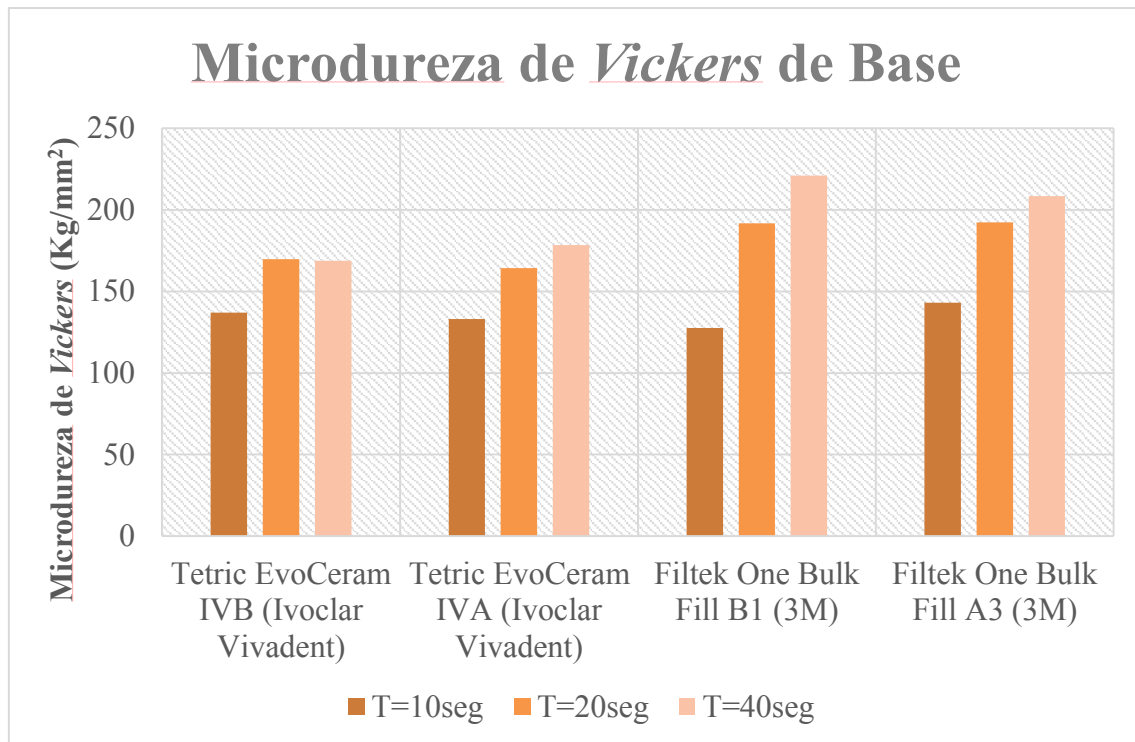


Gráfico 5 - Valores médios de microdureza de *Vickers* de base (Kg/mm²) de acordo com a cor da resina e o tempo de polimerização da amostra